Sociedad de Ingeniería de Iluminación

Illuminating Engineering Society

THE LIGHTING HANDBOOK

Tenth Edition | Reference and Application



EL MANUAL DE ILUMINACIÓN

Décima Edición / Referencia y Aplicación

David L. DiLaura
Kevin W. Houser
Richard G. Mistrick
Gary R. Steffy

Sociedad de Ingeniería de Iluminación

El Manual de Iluminación

Décima Edición: Referencia y Aplicación

Sociedad de Ingeniería de Iluminación

El Manual de Iluminación

Décima Edición: Referencia y Aplicación

David L. DiLaura
Kevin W. Houser
Richard G. Mistrick
Gary R. Steffy



El proceso de desarrollo de productos reúne a voluntarios que representan diversos puntos de vista y intereses para lograr un consenso sobre las recomendaciones de iluminación. Mientras la IES administra el proceso y establece políticas y procedimientos para promover la equidad en el desarrollo del consenso, no ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud o integridad de cualquier información publicada Aquí en.

El IES se exime de responsabilidad por cualquier lesión a personas o bienes u otros daños de cualquier naturaleza. cualquiera que sea, ya sea especial, indirecta, consecuencial o compensatoria, directa o indirectamente como resultado de la publicación, el uso o la confianza en este documento.

Al emitir y poner a disposición este documento, la IES no se compromete a prestar servicios profesionales o otros servicios para o en nombre de cualquier persona o entidad. La IES tampoco se compromete a realizar ninguna deber que cualquier persona o entidad debe a otra persona. Cualquiera que utilice este documento debe confiar en su o su propio juicio independiente o, en su caso, buscar el asesoramiento de un profesional competente en determinar el ejercicio del cuidado razonable en cualquier circunstancia dada.

La IES no tiene facultad, ni se compromete, a vigilar o hacer cumplir el contenido de este documento. El IES tampoco enumera, certifica, prueba o inspecciona productos, diseños o instalaciones para el cumplimiento de este documento. Cualquier certificación o declaración de cumplimiento de las requisitos de este documento no serán atribuibles a las IES y es de exclusiva responsabilidad del certificador o realizador de la declaración.

Los editores y el editor reconocen que todas las marcas de servicio, marcas registradas y derechos de autor las imágenes/gráficos aparecen en este libro solo con fines editoriales y para el beneficio del servicio marca, marca comercial o propietario de los derechos de autor, sin intención de infringir esa marca de servicio, marca comercial o derechos de autor. Nada en este manual debe interpretarse en el sentido de implicar que los respectivos marca de servicio, marca comercial o titular de los derechos de autor respalda o patrocina este manual o cualquiera de sus contenido.

Este libro fue configurado en Adobe® Garamond Pro por los editores. Este libro está impreso en medio ambiente tinta amigable que contiene soya y aceite vegetal sobre papel libre de ácido y cloro elemental libre y contiene un 10 % de contenido reciclado de residuos posconsumo que exhibe un 86 % de reflectancia.

Para obtener información general sobre otras publicaciones de IES, visite la librería de IES en

www.ies.org/store.

El proceso de desarrollo de productos reúne a voluntarios que representan diversos puntos de vista e intereses para lograr un consenso sobre las recomendaciones de iluminación. Si bien la IES administra el proceso y establece políticas y procedimientos para promover la equidad en el desarrollo del consenso, no ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud o integridad de la información publicada en este documento.

El IES se exime de cualquier responsabilidad por daños a personas o cosas u otros daños de cualquier naturaleza, ya sean especiales, indirectos, consecuente o compensatoria, directa o indirectamente como resultado de la publicación, uso o confianza en este documento.

Al emitir y poner a disposición este documento, la IES no se compromete a prestar servicios profesionales o de otro tipo para o en nombre de ningúna persona o entidad. La IES tampoco se compromete a cumplir ningún deber de ninguna persona o entidad para con otra persona. Cualquier persona que utilice este documento debe confiar en su propio juicio independiente o, según corresponda, buscar el asesoramiento de un profesional competente para determinar el ejercicio de un cuidado razonable en cualquier circunstancia dada.

La IES no tiene facultad, ni se compromete, a vigilar o hacer cumplir el contenido de este documento. La lista del IES tampoco, certifica, prueba o inspecciona productos, diseños o instalaciones para el cumplimiento de este documento. Cualquier certificación o declaración de cumplimiento con los requisitos de este documento no será atribuible a la IES y es de exclusiva responsabilidad del certificador o fabricante de la declaración.

Los editores y el editor reconocen que todas las marcas de servicio, marcas registradas e imágenes/gráficos con derechos de autor que aparecen en este libro son sólo con fines editoriales y en beneficio de la marca de servicio, la marca comercial o el propietario de los derechos de autor, sin intención de infringir esos derechos marca de servicio, marca comercial o copyright. Nada en este manual debe interpretarse como que implica que la marca de servicio, marca comercial o el titular de los derechos de autor respalda o patrocina este manual o cualquiera de sus contenidos.

Este libro fue configurado en Adobe® Garamond Pro por los editores. Este libro está impreso con tinta respetuosa con el medio ambiente que contiene soya y aceite vegetal en papel que no contiene ácidos ni cloro elemental y contiene un 10 % de contenido reciclado de desechos posconsumo que muestra un 86% de reflectancia.

Para obtener información general sobre otras publicaciones de IES, visite la librería de IES en www.ies.org/store

Publicado por Illuminating Engineering Society of North America, 120 Wall Street, Nueva York, Nueva York 10005.

Los estándares y guías de IES se desarrollan a través del consenso del comité y son producidos por la Oficina de IES

en Nueva York.

Se presta especial atención al estilo y la precisión. Si se observa algún error en este documento, envíelos al Director de Tecnología, a la dirección anterior para su verificación y corrección.

El IES da la bienvenida e insta a la retroalimentación y los comentarios.

ISBN 978-087995-241-9

Número de control de la Biblioteca del Congreso: 2011928648. Impreso en los Estados Unidos de América.

PRÓLOGO

En los primeros años, la Illuminating Engineering Society, fundada en 1906, esperó 41 años antes de publicar la primera edición del Manual. La información técnica no faltó pero el método preferido de publicación eran Transacciones de la Sociedad, no tan ampliamente difundido o convenientemente disponible para una audiencia tan amplia como un Manual.

Entre la 1ª edición en 1947 y esta 10ª Edición ha habido revisiones en 1952, 1959, 1966, 1972, 1981, 1984 (parcial), 1987 (parcial), 1993 y 2000.

En cada libro se presenta una gama cada vez mayor de tecnologías, procedimientos y problemas de diseño.

se han abordado para garantizar que el Manual sea la principal fuente de conocimientos sobre iluminación. El énfasis en cada edición ha cambiado para reflejar las tendencias de aplicación actuales y necesidades de los muchos y variados lectores. Algunas ediciones dan más importancia a cuestiones cuantitativas; en años más recientes, la calidad obtuvo importantes reconocimientos.

El Manual de la décima edición ha tomado conocimiento de varios problemas que afectan los diseños de hoy: límites de energía, los efectos espectrales de la luz en la percepción y el rendimiento visual y la necesidad de flexibilidad en un procedimiento de determinación de la iluminación que tenga en cuenta factores como la edad del observador, la reflectancia de la tarea y la importancia de la tarea en su procedimiento de determinación de la iluminación. Este libro regresará a un enfoque más "analítico" para recomendaciones y permitir que las publicaciones de los comités individuales, como prácticas recomendadas, guías de diseño y memorandos técnicos, aborden completamente los detalles de diseño específicos para una aplicación determinada.

El equipo editorial profesional aportó talento y disciplina al proyecto. Esto no es una simple revisión de un libro existente, sino un enfoque completamente nuevo. David DiLaura, Kevin Houser, Richard Mistrick y Gary Steffy se han ganado nuestro aprecio por sus contribuciones en el desarrollo de nuevo material, la edición y el diseño de la apariencia general del libro.

El Manual de iluminación representa el documento de referencia más importante en la profesión de la iluminación. Es uno por el cual la Sociedad cumple su misión: Mejorar el entorno iluminado reuniendo a quienes tienen conocimientos de iluminación y traduciendo esos conocimientos en acciones que beneficien al público. Esperamos que usted, el lector, encuentre la décima edición como su principal fuente de referencia para obtener información sobre iluminación.

William H. Hanley — Rita M. Harrold

Vicepresidente Ejecutivo — Director de Tecnología

PREFACIO

La Illuminating Engineering Society produce The Lighting Handbook para guiar y dar recomendaciones autorizadas a quienes diseñan, especifican, instalan y mantienen sistemas de iluminación y como fuente imparcial de información para el público como las anteriores ediciones, el Manual de iluminación contiene una combinación de ciencia, tecnología y diseño; reflejando la naturaleza de la iluminación en sí.

Tres secciones componen esta edición: Estructura, Diseño y Aplicaciones.

En Estructura, los capítulos describen la ciencia y la tecnología relacionadas con la iluminación, incluida la visión, la óptica, efectos no visuales de la radiación óptica, la fotometría y las fuentes de luz. Los Capítulos de Diseño incluyen no sólo consideraciones fundamentales y cuestiones especiales de iluminación natural y electricidad en el diseño de iluminación, pero también gestión de energía, controles y economía. En los capítulos de Aplicaciones se establecen el contexto de diseño para muchas aplicaciones de iluminación, proporcionan recomendaciones de iluminancia para tareas y áreas específicas, e identificar algunos de los objetivos analíticos de diseño de iluminación utilizando ciencia y tecnología.

En la década transcurrida desde la última edición, la práctica de la ciencia, la tecnología y el diseño relacionada a la iluminación se ha avanzado significativamente. La visión y las ciencias biológicas han profundizado el conocimiento de la compleja relación entre luz y salud, agregando oportunidad y responsabilidad al trabajo de quienes diseñan sistemas de iluminación, y realzado la concienciación del público de cómo la iluminación afecta a nuestras vidas. La tecnología ha transformado la iluminación con el diodo emisor de luz, ahora una fuente práctica para la iluminación general.

Nuevos equipos, nuevos procedimientos de prueba y nuevas consideraciones de aplicación han totalmente surgido en respuesta a este desarrollo. Y la filosofía, los objetivos y la práctica del diseño arquitectónico se ha visto profundamente afectado por la preocupación por el entorno natural y deseos de edificios más sostenibles. Nuevos desarrollos en iluminación natural, prácticas sostenibles y la tecnología de control de iluminación brindan formas de responder a estas preocupaciones y expectativas.

Esta edición de The Lighting Handbook describe todos estos importantes avances y cambios, proporcionando resúmenes, descripciones, datos y orientación.

En los capítulos de Diseño se proporciona una nueva y amplia cobertura del diseño de iluminación. La iluminación natural y los controles de iluminación se tratan con especial detalle. Esto revela el potencial de la iluminación natural y los efectos posteriores en el diseño de edificios, de modo que la iluminación natural y la iluminación eléctrica pueden actuar en conjunto para producir mejores ambientes luminosos. Las consecuencias de esto para el ahorro de energía puede ser muy grande si los controles son una parte integral de los sistemas de iluminación y además el capítulo sobre controles de iluminación muestra cómo se puede hacer esto. Relacionado con esto y con aumentar la información técnica provista en un capítulo de Estructura, la sección de Diseño El Manual de Iluminación incluye un capítulo sobre los problemas de aplicación relacionados con la electricidad y las fuentes de luz.

La esperanza y la expectativa pública de disminuir la energía asignada a los edificios han aumentado el desafío de proporcionar la iluminación necesaria para el confort, el rendimiento, la seguridad y la iluminación adecuada de la arquitectura. En respuesta a estas limitaciones, el IES ha establecido un nuevo sistema de determinación de iluminancia para generar nuevos recomendaciones y objetivos de iluminancia citados en los capítulos de Aplicaciones de esta edición del Manual de Iluminación.

El nuevo sistema utiliza una serie de incrementos de iluminancia estrechamente espaciados que se asignan a las tareas. Esta granularidad más fina, en comparación con la utilizada en ediciones anteriores, le da al diseñador y al cliente la

capacidad de hacer coincidir más cuidadosamente los objetivos de iluminancia con las tareas visuales. Además, la mayoría de las recomendaciones ahora tienen en cuenta la edad de los ocupantes: valores más bajos para ocupantes jóvenes, valores más altos para ocupantes mayores. Los efectos de la adaptación mesópica sobre la sensibilidad espectral del sistema visual, ahora está disponible con multiplicadores basados en la luminancia de adaptación que se puede utilizar para ajustar los objetivos recomendados de iluminancia. Finalmente, los objetivos de iluminancia recomendados para aplicaciones en exteriores ahora tienen en cuenta el nivel de actividad y las condiciones ambientales. Todas estas características del nuevo sistema de determinación de iluminancia brinda una amplia flexibilidad que permite al diseñador para hacer frente a las necesidades de iluminación y promover el control de la luz en el tiempo. Las recomendaciones de los objetivos de iluminancia indicados en cada uno de los capítulos de aplicación se basan en este nuevo sistema.

Uno de los muchos cambios significativos en The Lighting Handbook ha sido la intención y forma de los capítulos de aplicación: ya no contienen una descripción completa de la iluminación práctica. Más bien, brindan solo un breve contexto de los aspectos principales de la aplicación.
Hay una tabla detallada de recomendaciones analíticas para las tareas involucradas. La completa La descripción de todos los aspectos de una aplicación en particular ahora está contenida sólo en la publicación respectiva de práctica recomendada, guía de diseño o memorándum técnico. Esta separación de la cobertura prevista permite que los capítulos del manual establezcan recomendaciones analíticas, al tiempo que permite una mayor flexibilidad para las revisiones oportunas a las demás prácticas recomendadas basadas en la experiencia, guías de diseño y memorandos técnicos.
Entre los muchos efectos de la nueva tecnología y la comprensión de la luz y el bienestar, ha sido el surgimiento de un amplio interés en las nuevas tecnologías de iluminación y grandes cuestiones de política pública en materia de iluminación, energía, sustentabilidad y salud. Por estas razones por las que esta edición de The Lighting Handbook ha sido diseñada y escrita para una amplia audiencia, cambiando la forma, el contenido y el estilo de las ediciones anteriores. A diferencia de esas, esto ha sido escrito, literalmente, por sus cuatro editores, lo que permite una cierta uniformidad de enfoque, alcance, nivel de detalle y público objetivo. Esto también ha ayudado a reducir la redundancia y a asegurar la accesibilidad requerida para llegar a una amplia audiencia. Todo un esfuerzo por la concisión se ha realizado y siempre que sea posible, datos importantes, material, listas de verificación o factores clave se han resumido en tablas. Aunque escritas por un pequeño grupo, las recomendaciones y el contenido de cada capítulo ha sido ampliamente revisado por expertos en cada tema, el comité de aplicación apropiado y el Consejo y la Junta de Revisión Técnica de la Sociedad de Directores.

Esta edición de The Lighting Handbook proporciona información y recomendaciones que pueden guiar a los diseñadores y usuarios de sistemas de iluminación en un mundo de expectativas reducidas de energía de iluminación y necesidades constantes de atractivos, cómodos y productivos ambientes luminosos.

David L. DiLaura
Kevin W Houser
Richard G. Mistrick
Gary R Steffy

TABLA DE CONTENIDOS

ESTRUCTURA (MARCO)

Tabla de Contenidos

Diseño

Tabla de Contenidos

Aplicaciones

Estructura

ESTRUCTURA

Esta sección de The Lighting Handbook describe temas de la ciencia y la tecnología que se relacionan directamente con la iluminación. Si bien dicha información ahora está disponible en una amplia variedad de fuentes de fácil acceso, lo que se presenta en esta sección tiene la ventaja de estar en un solo lugar y el lector tiene la certeza de que tiene una relación clara e importante con la iluminación. En ese sentido, estos capítulos reúnen descripciones de los conceptos, datos, terminología, equipos y procedimientos de varios campos de la ciencia o la tecnología que se utilizan en iluminación. El contenido y estilo de estos capítulos es más para recordar y señalar que para enseñar. Este último requeriría mucho más espacio del que está disponible aquí. Además, estos capítulos son resúmenes y, aunque la cobertura pretende ser inclusiva, no es exhaustiva. Y así, donde sea apropiado, se han proporcionado referencias para señalar al usuario información más detallada en la literatura.

El capítulo sobre los aspectos técnicos de las fuentes de luz es una presentación única y completa de las lámparas. Es importante destacar que debe considerarse como uno de un par, junto con el capítulo sobre lámparas en la sección *Diseño* del libro. Allí el usuario encontrará los problemas de aplicación asociados con el funcionamiento y las características de la lámpara. Juntos, estos capítulos presentan información sobre cómo funcionan las lámparas, sus características de funcionamiento y problemas de aplicación, como el mantenimiento de la luz y la atenuación. Como tal, estos capítulos describen tipos genéricos de lámparas; los datos detallados y específicos para una lámpara en particular se obtienen mejor de los catálogos de los fabricantes. El capítulo sobre el color se amplía considerablemente con respecto a sus predecesores, con la impresión a todo color que brinda la oportunidad de profundizar, elaborar y aclarar la discusión sobre los fenómenos del color. Además, se ha puesto énfasis en aquellas cuestiones en el campo del color que se relacionan directamente con la iluminación y el diseño de iluminación. El énfasis en el capítulo sobre los cálculos de iluminación se ha desplazado a los cálculos basados en computadora y se ha agregado nuevo material sobre representaciones gráficas por computadora.

Esta sección también contiene el Capítulo 4, Percepciones y Desempeño. El nuevo Sistema de Determinación de Iluminancia se describe aquí. Se describen los efectos sobre las iluminancias recomendadas de las edades de los observadores, las zonas de iluminación nocturna al aire libre, los niveles de actividad y los estados de adaptación. Los antecedentes y detalles de este nuevo sistema se describen aquí. Las consecuencias de esta combinación de ciencia de la visión y experiencia práctica son evidentes en las tablas de iluminancias y uniformidades recomendadas que se encuentran en cada uno de los capítulos de la sección Aplicaciones del manual.



1 / FÍSICA Y ÓPTICA DE LA POTENCIA RADIANTE

Por el resto de mi vida quiero reflexionar sobre lo que es la luz.

Albert Einstein 1916

Contenido

Cualquiera que se ocupe de la iluminación se beneficiará enormemente de un conocimiento básico de la física de la luz. Aunque sólo sea cualitativa, tal comprensión aclara cómo la luz estimula el sistema visual y en última instancia, produce percepciones, cómo la luz interactúa con los materiales para proporcionar su propio control y distribución por parte de las luminarias, cómo la luz hace que los materiales sean luminosos y participa en la generación de percepciones de color, cómo las fuentes de luz eléctrica producen luz y por qué la luz del sol y el cielo pueden mejorar en gran medida la calidad de un ambiente interior.

1.1 Radiación óptica

En aras de la claridad, "radiación óptica" se usa aquí para nombrar el fenómeno que transporta energía por medios radiantes. Ese fenómeno puede ser descrito por una lluvia de fotones, propagando radiación electromagnética, o por un haz de rayos, dependiendo del detalle de descripción que se requiera. La radiación óptica es una cantidad física. “Luz” se reserva para describir la radiación óptica que ha sido evaluada con respecto a su capacidad para estimular el sistema visual. La luz es una cantidad psicofísica y es fundamentalmente, una percepción.

1.1.1 Modelos Físicos de Radiación Óptica

Durante mucho tiempo se han utilizado dos modelos físicos para explicar las propiedades de la radiación óptica y cómo interactúa con los materiales. Estos son los modelos de onda y de partícula. En 1690, Christiaan Huygens propuso que la radiación óptica se considerara ondas que avanzan en un medio etéreo [1] [2]. En ediciones posteriores de su obra sobre óptica de 1704, Isaac Newton propuso que la radiación óptica se considerara una corriente de partículas muy pequeñas [3]. Los conceptos modernos conciben la radiación óptica como una dualidad onda-partícula que manifiesta propiedades de onda o de partícula dependiendo de las circunstancias. En la ingeniería de iluminación y el diseño de iluminación, el modelo de ondas sustenta la comprensión y el uso de la radiación óptica, mientras que en la física y la química del desarrollo de fuentes de luz, el modelo de partículas es la base.

1.1.2 Las Ondas de Maxwell

Se desarrollaron y trabajaron varias formas del modelo de onda de la radiación óptica por Leonard Euler [3] [4], Thomas Young [5] y Augustine Fresnel [6]. En 1873 James Clerk Maxwell describió un modelo electromagnético de radiación óptica que todavía se usa hoy [7]. En su forma moderna, el modelo de Maxwell tiene un vector eléctrico y otro magnético, vectores orientados perpendicularmente entre sí, oscilando en fase y propagándose en la dirección perpendicular a su oscilación. A medida que estos vectores se propagan y oscilan, se puede considerar que define una onda eléctrica y una onda magnética. En alguna circunstancia especial la orientación de los planos en los que estos vectores oscilan es fija y este caso simple aunque especial es mostrado en la figura 1.1

Isaac Newton estudió sistemáticamente las propiedades de la luz dispersa, teorizando correctamente que la luz de diferentes colores tiene diferente "refrangibilidad". Fue el primero en notar que la luz de diferentes colores tenía diferente brillo y variaba en su poder para evocar la sensación visual.

La energía transportada por estos vectores está determinada por el Vector de Poynting, formado por el producto vectorial de los vectores eléctrico y magnético y por lo tanto, apunta en la dirección en la que se propagan los vectores eléctrico y magnético. La magnitud de los vectores de Poynting es la energía que se transporta y se puede considerar como un rayo óptico. Este rayo, los vectores eléctrico y magnético y sus ondas, se muestran en la figura 1.2. Los vectores eléctrico y magnético, E y H, están descritos por:

$$\mathbf{E} = \mathrm{E} \sin\left(\frac{2\pi c}{\lambda} t\right)$$

$$\mathbf{H} = \mathrm{H} \sin\left(\frac{2\pi c}{\lambda} t\right)$$

Dónde:

E y H= es el máximo de amplitud de los vectores
C= velocidad de la luz
λ= distancia entre sucesivas inversiones completas de polaridad, que es la longitud de onda
t= tiempo
El vector Poynting, P ó rayo óptico es descrito por

$$\mathbf{P} = \frac{c}{4\pi} \mathbf{E} \times \mathbf{H}$$

Figura 1.1 | Propagación y oscilación de vectores eléctricos y magnéticos

El vector eléctrico se muestra en azul (vertical), el vector magnético en rojo (horizontal). Los vectores se propagan de atrás hacia adelante, oscilando a medida que se propagan. Su posición, tamaño y dirección en momentos pasados se muestran retrocediendo hacia el fondo.

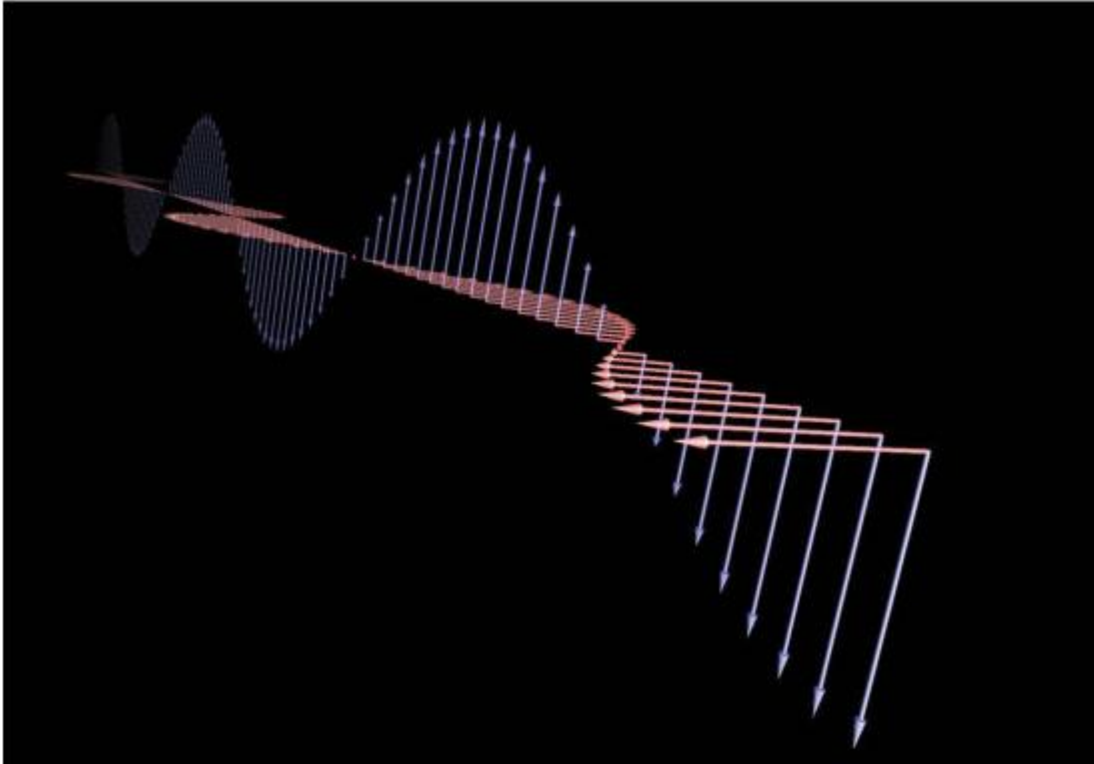
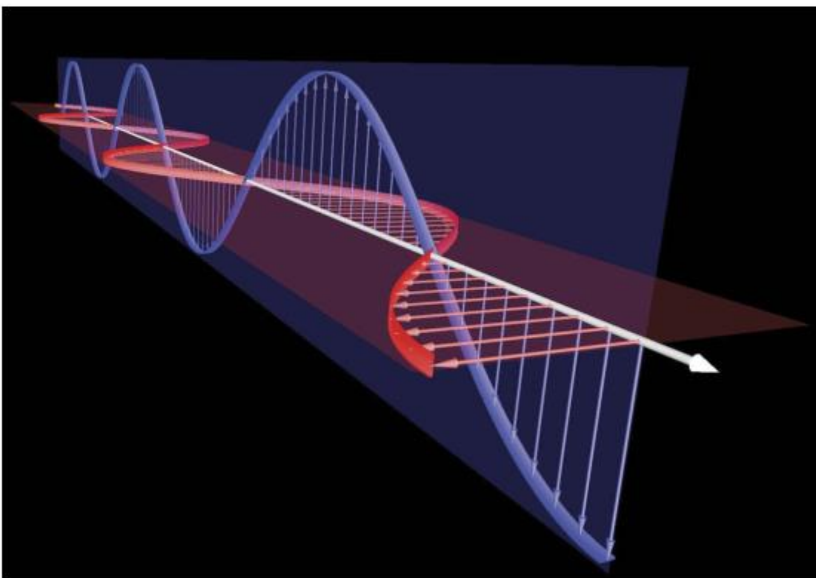


Figura 1.2 | Radiación electromagnética y el vector de Poynting



Los dos planos que contienen los vectores eléctrico y magnético oscilantes se muestran en azul (vertical) y rojo (horizontal), respectivamente. Estos planos contienen las ondas eléctricas y magnéticas trazadas por los vectores oscilantes que se propagan. El vector de Poynting se muestra en blanco.

1.1.3 Los fotones de Einstein

En 1905, Albert Einstein propuso un modelo para la radiación óptica que asumía su naturaleza particulada [8] [9]. Anteriormente, Max Planck mostró cómo la suposición de que la energía se emite y absorbe solo en cantidades discretas, o cuantos, explicaba la distribución de energía de los radiadores térmicos perfectos, algo que las teorías ondulatorias no podían explicar. Einstein propuso que esta cantidad de energía era transportada por una diminuta partícula. Es decir, la radiación óptica era una corriente de partículas, que consistía en los llamados fotones, partículas sin masa que se movían a través del espacio vacío con una velocidad conocida desde hace mucho tiempo como la "velocidad de la luz". Aunque es una partícula, se considera que el fotón tiene una frecuencia de vibración, ν, y junto con una constante, h, identificada por Planck, define el cuanto de energía, Q, transportado por un fotón:

$$Q = h\,\nu \tag{1.3}$$

Albert Einstein sugirió en 1905 que "desde un punto de vista puramente heurístico" pueden ser considerados como corpúsculos discretos de energía. Esto planteó una idea muy audaz frente a la formación de ondas electromagnéticas de luz que para entonces se había estado desarrollando durante 50 años. Serían años más tarde que Millikan proporcionaría la verificación experimental de las predicciones que resultaron de la propuesta de Einstein.

1.2 MODELOS DE TRABAJO DE RADIACIÓN ÓPTICA

Como se señaló anteriormente, la física presenta la radiación óptica como una dualidad onda-partícula. De estos, cuatro modelos particulares de radiación óptica se utilizan en el desarrollo de fuentes de luz eléctrica, ingeniería de iluminación y diseño de iluminación. Se describen brevemente aquí, en un orden de complejidad decreciente, antigüedad creciente y utilidad general.

1.2.1 ÓPTICA CUÁNTICA

En este modelo, el fotón se considera la principal representación física de la radiación óptica. El fotón se considera una partícula indivisible sin masa, que viaja a la velocidad de la luz. Aunque es una partícula, se considera que exhibe una longitud de onda y, por lo tanto, una frecuencia de vibración u oscilación. El fotón posee energía proporcional a su frecuencia. La óptica cuántica se utiliza en la comprensión y el desarrollo de la emisión de luz en diodos y fuentes de descarga eléctrica.

1.2.2 ÓPTICA FÍSICA

En este modelo, la potencia radiante se considera radiación electromagnética y la principal representación física es un par de vectores, eléctricos y magnéticos, inseparablemente acoplados, viajando transversalmente, es decir de lado, a la velocidad de la luz. A medida que viajan, su polaridad oscila sinusoidalmente de positivo a negativo con una frecuencia particular, este movimiento rastrea ondas electromagnéticas que exhiben una longitud de onda determinada por la frecuencia.
Este modelo se describirá más detalladamente a continuación.

1.2.3 ÓPTICA GEOMÉTRICA

En muchos casos, los efectos de la energía radiante deben predecirse en un entorno que tiene dimensiones de muchas órdenes de magnitud mayores que las longitudes de onda electromagnéticas de interés. Una aproximación muy útil resulta de considerar que la longitud de onda es muy pequeña y se puede reemplazar las ondas electromagnéticas con un vector en la dirección de su propagación [10]. Este vector se toma como un solo rayo de energía radiante. Un número de rayos se agrupan en un cono de pequeña divergencia y a este grupo se le llama lápiz de rayos.
Este lápiz forma la unidad fundamental de radiación óptica a nivel de óptica geométrica.
Los lápices de rayos permiten describir completamente los efectos ópticos en el lenguaje de la geometría.
La óptica geométrica se utiliza en el desarrollo de luminarias y elementos de control óptico.

1.2.4 TRANSFERENCIA RADIATIVA

Cuando estamos interesados en lo que podría llamarse la "transferencia masiva de energía radiante", los rayos se agrupan en lápices, y los lápices se agrupan en vigas. La cantidad de energía radiante involucrada es la que encontramos en la vida cotidiana y podemos medir convenientemente. La transferencia radiativa se utiliza en la ingeniería de iluminación y el diseño de iluminación.

1.3 PROPIEDADES DE LA RADIACIÓN ÓPTICA

La iluminación utiliza una amalgama del segundo y tercer modelo de radiación óptica para formular una definición de potencia radiante y, en última instancia, luz, que cumple con los requisitos de la ingeniería de iluminación y diseño de iluminación. En este modelo, la unidad fundamental de potencia radiante es un lápiz de rayos que tiene las propiedades cuantitativas de dirección de propagación, potencia transportada, longitud de onda y polarización.

1.3.1 PROPAGACIÓN

Un lápiz de rayos se define por un pequeño cono de rayos que se desvanece y emana de un punto.
El vértice del cono está en este punto de emanación. Esto se muestra en la parte superior de la Figura 1.3. Para todo trabajo óptico práctico es más conveniente representar todo el lápiz con un sólo vector, como se muestra en la parte inferior de la Figura 1.3. En estos casos, se suele omitir el cono de la representación, dejando sólo el vector para representar el lápiz de rayos.

1.3.2 POTENCIA TRANSPORTADA

En la Ecuación 1.1, E y H son las extensiones máximas de las ondas, y se dice que son su amplitud. El ángulo entre los vectores E y H es π/2, por lo que su producto vectorial, P, se puede expresar como [10]

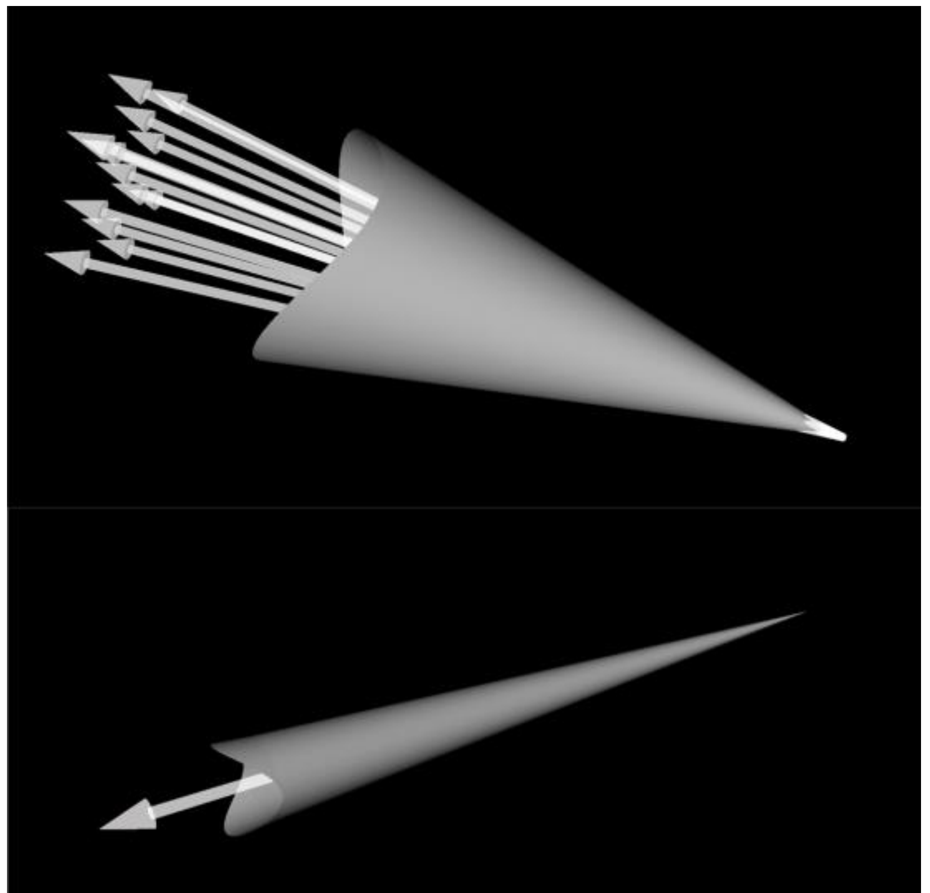
$$\mathbf{P} = \frac{c}{4\pi}\mathbf{E}\times\mathbf{H} = \frac{c}{4\pi}|\mathbf{E}||\mathbf{H}|\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{c}{4\pi}\mathrm{EH}\sin^2\left(\frac{2\pi c}{\lambda}t\right) \quad (1.4)$$

Donde:

E y H son los vectores eléctrico y magnético, respectivamente
c es la velocidad de la luz en m/s
λ es la longitud de onda en m
t es el tiempo en s

FIGURA 1.3 | UN LÁPIZ DE RAYOS

Lápiz de rayos (arriba) definido dentro de un cono de ángulo sólido, y un sólo vector (abajo) en un cono de ángulo sólido que representa todo el lápiz de rayos.



La amplitud E y H son iguales, por lo que la potencia propagada es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda, y varía con el tiempo. En iluminación los valores instantáneos rara vez son de interés ya que las respuestas a la energía radiante suelen ser el resultado de una integración a lo largo del tiempo, por breve que sea, proporciona la potencia promediada en el tiempo que se propaga.

Si el último término de la Ecuación 1.4 se integra en el tiempo, $t = \lambda/c$, requerido para que una longitud de onda se propague, y el resultado se divide por ese período de tiempo, el resultado es

$$\langle \mathbf{P} \rangle = \frac{c}{8\pi} E\, H \qquad (1.5)$$

La potencia promedio en el tiempo es uno de los dos aspectos de la potencia radiante necesarios para caracterizarla como un estímulo para la visión.

1.3.3 LONGITUD DE ONDA

La longitud de onda es el otro aspecto del poder radiante requerido para caracterizarlo como un estímulo para la visión. La traza de los movimientos de los vectores eléctricos y magnéticos define ondas, como se muestra en la Figura 1.2. La distancia entre crestas o valles sucesivos de las ondas, λ, se dice que es la longitud de onda de la radiación electromagnética. En iluminación es costumbre expresar la longitud de onda en nanómetros: 10^{-9}m o nm. La potencia radiante se puede ordenar de acuerdo con las longitudes de onda que exhibe y este arreglo es su espectro. La tabla 1.1 muestra rangos de longitudes de onda de radiación óptica, en pasos logarítmicos, en un espectro que cubre 15 órdenes de magnitud de longitud de onda. El rango de longitudes de onda pertenecientes a la iluminación es desde aproximadamente 250 nm hasta 2000 nm. Esta región generalmente se divide de la siguiente manera:

- Longitudes de onda que producen visión: 380-760 nm
- Longitudes de onda que activan el sistema circadiano humano: 400-550 nm
- Longitudes de onda que son biológicamente activas, la región UV: 250-400 nm
- Longitudes de onda que contienen radiación térmica, la región infrarroja: 750-2500 nm

Se dice que la potencia radiante es monocromática si la longitud de onda de toda la radiación tiene un valor único o casi único. La radiación heterocromática o de banda ancha exhibe muchas longitudes de onda diferentes.

1.3.4 POLARIZACIÓN

La polarización es otra característica de la radiación electromagnética que se transmite al modelo de iluminación de potencia radiante. La polarización se refiere a la orientación del plano en que el vector eléctrico oscila a medida que se propaga [10] [11]. El poder radiante más comúnmente generado y utilizado en iluminación tiene el plano que contiene el vector eléctrico cambiando de orientación de forma aleatoria a medida que se propaga. Esta condición se describe como una polarización.

CUADRO 1.1 | EL ESPECTRO DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

LONGITUD DE ONDA (nm)	TIPO DE RADIACIÓN
10^{-3}	RAYOS CÓSMICOS
10^{-2}	RAYOS GAMA
10^{-1} - 1	RAYOS X
10^{1}	ULTRAVIOLETA EN EL VACÍO
10^{2}	ULTRAVIOLETA
10^{3}	Visible
10^{4} - 10^{5}	INFRAROJO
10^{6}	Radar
10^{7}	TELEVISIÓN
10^{8}	Radio
10^{9} - 10^{10}	TRANSMISIÓN ONDA CORTA
10^{11} - 10^{12}	TRANSMISIÓN ONDA LARGA

Si la orientación del plano que contiene la oscilación vectorial eléctrica es fija, como en la figura 1.1, se dice que la potencia radiante está polarizada linealmente. El plano que contiene el vector eléctrico se dice que es el plano de polarización. Bajo ciertas circunstancias, es posible que el plano de oscilación vectorial eléctrica gire de manera suave y continua alrededor del eje de propagación a medida que el vector eléctrico oscila y se propaga. Esto es polarización circular o elíptica. El tipo más común de polarización que ocurre en la iluminación es polarización lineal parcial: parte de la radiación electromagnética que tiene un plano de oscilación vectorial eléctrica, producido al pasar a través de un panel de vidrio. Si n_{vidrio} es el índice de fracción del vidrio, entonces cuanto más cerca esté el ángulo incidente de $\tan(n_{vidrio})$, más completa es la polarización lineal.
Cuando se trata de radiación electromagnética no polarizada, la orientación instantánea del vector eléctrico es de poco interés, por lo que consideramos su orientación promediada en el tiempo. El resultado es que está en una u otra de las dos orientaciones perpendiculares la mitad del tiempo. Esto es conveniente, ya que equivale a decir que la potencia radiante no polarizada está compuesta de cantidades iguales de dos tipos de energía radiante polarizada linealmente, los dos planos de la polarización son perpendiculares. Esta forma de pensar sobre el poder radiante no polarizado es importante al predecir cómo interactúa con los materiales utilizados para controlarlo, como metales, vidrio y plásticos.

Recursos de fuente de luz IESH/10e
> 7.2 Lámparas de filamento
> 7.3 Fluorescente
> 7.4 Descarga de alta intensidad
> 7.5 Iluminación de estado sólido
• todas las secciones anteriores dan una descripción técnica del funcionamiento de la lámpara y sus características
> 13.3 Vida útil y mantenimiento de lúmenes
> 13.6 Color

1.4 PRODUCCIÓN DE RADIACIÓN ÓPTICA

La producción de radiación óptica está ligada a la estructura de la materia en su estado sólido y estados gaseosos, y tanto por la adquisición como por la renuncia de energía por parte de la materia.

1.4.1 ESTRUCTURA ATÓMICA Y RADIACIÓN ÓPTICA

Para explicar cómo las fuentes eléctricas generan radiación óptica es necesario comenzar con una descripción general de la teoría atómica de la materia y describir la estructura atómica [12].
Las teorías atómicas propuestas por primera vez por Rutherford y Bohr en 1913 se han ampliado desde entonces y confirmado por una abrumadora cantidad de evidencia experimental. Los primeros modelos del átomo se parecían a un sistema solar diminuto, en el cual el átomo consistía en un centro llamado núcleo que posee una carga positiva +n, alrededor del cual giran n electrones cargados negativamente. Es más preciso visualizar nubes de electrones en capas alrededor del núcleo, como se muestra en la figura 1.4 para el átomo de hidrógeno, en el que una órbita es la distancia promedio que el electrón tiene desde el núcleo.

En el estado normal, los electrones permanecen en órbitas particulares, o niveles de energía, y el átomo no emite radiación. La órbita descrita por un electrón particular que gira sobre el núcleo está determinada por la energía de ese electrón. En otras palabras, hay una energía particular asociada con cada órbita o nivel de energía. El sistema de niveles de energía es característico de cada elemento y permanece estable a menos que sea perturbado por fuerzas externas.
Los electrones de un átomo se pueden dividir en dos clases. La primera clase incluye los electrones de la capa interior, que no se eliminan o excitan fácilmente. La segunda clase incluye a los electrones de la capa exterior (valencia), que provocan la formación de enlaces químicos en las moléculas. Los electrones de Valencia son excitados fácilmente por la radiación ultravioleta, la radiación visible o el impacto de otros electrones y pueden ser removidos de su órbita con relativa facilidad. Cuando los electrones de valencia se retiran de su órbita, son libres de desplazarse a través del material y proporcionar conductividad eléctrica. Los electrones en la órbita exterior o de valencia tienen un rango estrecho de energías que se dice que definen una banda de energía de valencia. Los electrones que han sido excitados y se movieron fuera de la órbita de valencia y están libres para convertirse en electrones de conducción, se dice que estan en la banda de energía de conducción. La energía de los electrones en la energía de conducción es mayor que la energía de aquellos en la órbita de valencia, por lo que la banda de energía de conducción se dice que es mayor que la banda de energía de valencia.

Tras la absorción de suficiente energía por un átomo en estado gaseoso, la valencia del electrón es empujado a un nivel de energía más alto más lejos del núcleo. Cuando el electrón vuelve a la órbita normal, o intermedia, la energía que pierde el átomo es emitida como un *cuanto* de radiación. La longitud de onda de la radiación está determinada por la Fórmula de Planck:

$$E_2 - E_1 = h\,\nu_{21} \tag{1.6}$$

Dónde:

E_2= energía asociada con la órbita excitada
E_1= energía asociada a la órbita normal
h = constante de Planck
λ_{21}= frecuencia de la radiación emitida cuando el electrón se mueve del nivel 2 al nivel 1

Esta fórmula se puede convertir a una forma más útil:

$$\textbf{Longitud de onda} = \frac{1239{,}76}{V_d}\ \text{nm} \qquad (1.7)$$

Dónde:

V_d= Diferencia de Potencial en *electrón-voltios* entre los dos niveles de energía a través de la cual el electrón desplazado ha caído en una transición.

Electrón-Voltio es la energía perdida o adquirida
por un electrón acelerando o desacelerando
a través de una diferencia de potencial eléctrico de 1 voltio.
Es una unidad de energía muy pequeña, igual a aproximadamente
1,6 × 10^{-19} *Julios (Joules)*

La misma relación es válida para la energía absorbida, como se muestra esquemáticamente en la figura 1.5.
La absorción de energía mueve un electrón a un nivel de energía más alto y una órbita más grande, la emisión de energía mueve un electrón a un nivel de energía más bajo y una órbita más pequeña. Un electrón de transición que produce emisión genera radiación óptica en una longitud de onda que se da por la Ecuación 1.6. Toda la radiación óptica se genera de esta manera, con diferentes fuentes y usando diferentes medios para producir excitación atómica que conduce a la emisión de radiación óptica. Las lámparas de filamento utilizan agitación térmica generada eléctricamente, halogenuros metálicos y sodio usan las lámparas que utilizan la conducción eléctrica a través de un gas de metales y sales vaporizados, y la luz de los diodos emisores utilizan la conducción eléctrica en material semiconductor. Las transiciones de energía involucradas en la incandescencia, la conducción gaseosa y la semiconducción son múltiples y diferentes, por lo que las longitudes de onda de la radiación óptica producida son diferentes.

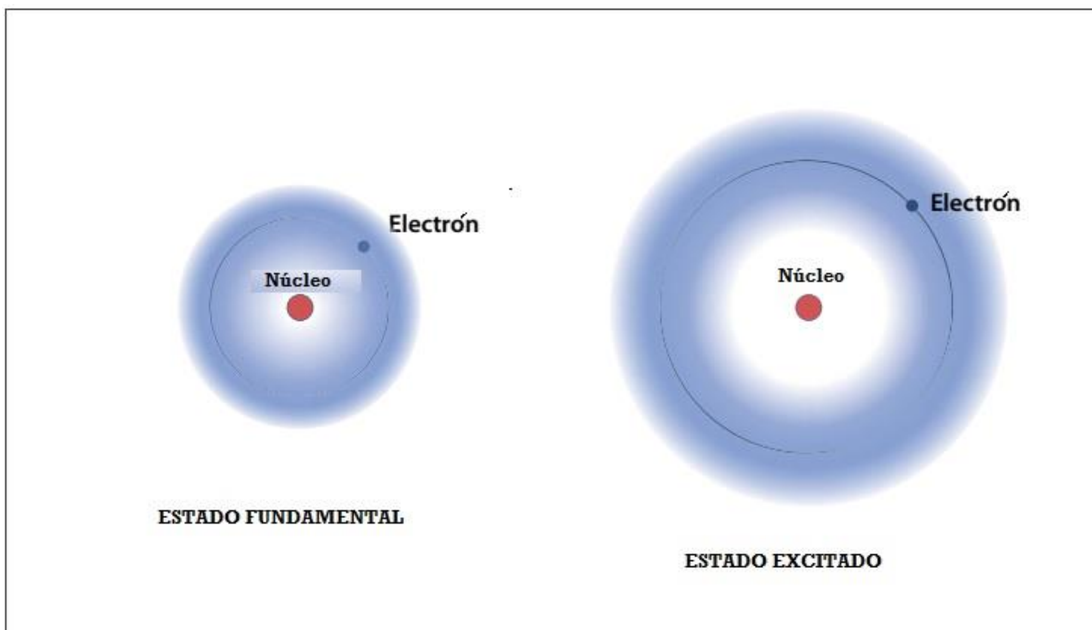


FIGURA 1.4 | MODELO DE ÁTOMO DE HIDRÓGENO

Modelo de nube de electrones en capas del átomo de hidrógeno. En el estado fundamental (izquierda).
Se puede considerar que la posición del electrón forma una nube de posiciones posibles alrededor del protón, siendo la distancia media la órbita del estado fundamental. En el estado excitado (derecha) la posición media del electrón define una nube con una mayor distancia promedio desde el protón.

1.4.2 DATOS DE POTENCIA ESPECTRAL

Diferentes fuentes producen diferentes distribuciones de energía a lo largo del espectro del campo electromagnético.
El equipo y el procedimiento para medir estas distribuciones se describen en 9.1 Espectrorradiómetros. Estos datos de potencia espectral se visualizan comúnmente de dos maneras: una representación cromática unidimensional y una trama bidimensional.
Las representaciones unidimensionales (que en realidad pueden ser fotografías) son escaneos a través de una amplia gama de longitudes de onda, con potencia radiante relativa emitida en cada longitud de onda representada por el brillo de la línea de color en esa longitud de onda. Esto se muestra a la izquierda en la Figura 1.6 que muestra el espectro de emisión de una descarga de mercurio a alta presión. Aunque intuitiva, esta representación adolece del hecho de que se necesita un mayor poder radiante representado por colores más brillantes y líneas más anchas, y el poder radiante en los vecinos más cercanos las longitudes de onda son borrosas.

Los diagramas bidimensionales son histogramas que consisten en barras con alturas proporcionales a la potencia radiante en una longitud de onda. A menudo se agrega color a las barras para ayudar a indicar la posición en el espectro visible. Esto se muestra a la derecha en la Figura 1.6. Para un espectro continuo, las barras del histograma se fusionan. A diferencia de la gráfica unidimensional, un espectro del histograma transmite información sobre la cantidad de energía radiante en una longitud de onda por la altura de una barra individual y no un brillo de color.

Los gráficos bidimensionales son siempre lineales con respecto a la longitud de onda, mientras que si los escaneos unidimensionales son de espectrómetros, se presentan de forma lineal o no lineal con respecto a la longitud de onda. Si el espectrómetro usa un prisma, por ejemplo, el resultado del espectro se presentará de forma no lineal. Si utiliza una rejilla, el espectro se presentará linealmente. Consulte 9.7.1 Uso de espectrorradiómetros.

El color se usa a menudo en la visualización de datos de potencia espectral. Histogramas o gráficos continuos de potencia radiante en función de la longitud de onda a menudo muestran el espectro prismático a continuación de la línea de la gráfica, como se muestra por ejemplo en la Figura 1.7 que muestra el radiante óptico de distribución de energía del sol [25]. Cada longitud de onda en el espectro visible está asociada con el color monocromático producido por esa longitud de onda. Potencia en longitudes de onda fuera de la región visible se suele representar con gris.

Aunque útil y sugerente de la distribución espectral de la potencia radiante de una fuente en particular, el efecto cromático total de la fuente por lo general no se puede inferir de estos colores. Además, el medio utilizado para mostrar los datos espectrales en color (impresión, computadora pantallas, proyectores LCD) por lo general no pueden reproducir con precisión los colores monocromáticos, limitando aún más la información transmitida por estos colores. Consulte 6.6 Aspecto del Color.

Johann Lambert, en 1760, fue el primero en estudiar e intercomparar sistemáticamente la luz de diferentes colores para el brillo. También ideó medios fotométricos puramente visuales para determinar la relación en la cantidad de diferentes colores de luz de diferentes fuentes emitidas.

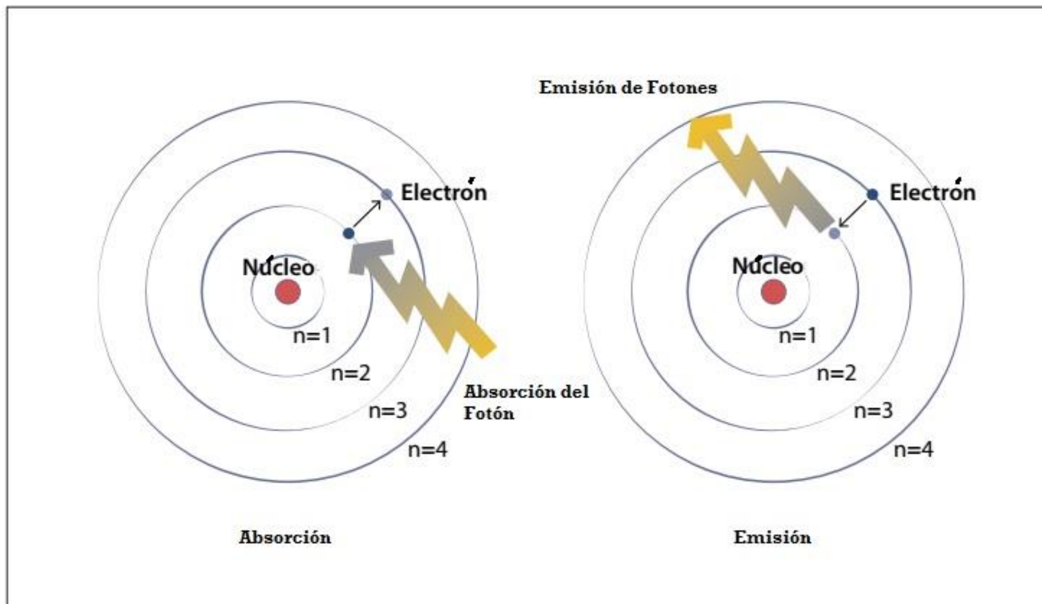


FIGURA 1.5 | ABSORCIÓN ATÓMICA Y EMISIÓN

En este diagrama esquemático de absorción atómica y emisión de energía, un cambio en la órbita electrónica estable n=1, 2, 3, 4 está representada por las posiciones orbitales estables de un electrón alrededor del núcleo y la energía asociado con ellos.

1.4.3 RADIACIÓN ÓPTICA PRODUCIDA EN DESCARGA DE GAS

La descarga de gas es el mecanismo por el cual muchas lámparas modernas convierten la energía eléctrica en poder radiante. La composición espectral, y por tanto la utilidad práctica para la iluminación, de esta conversión depende de los constituyentes del gas y de su presión.

1.4.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS DESCARGAS DE GAS

Una descarga de gas produce radiación óptica al tener electrones libres o de conducción, moviéndose bajo la influencia de un campo eléctrico relativamente alto, golpea un átomo en el gas y lo eleva a un estado excitado moviendo uno o más de sus electrones orbitales a una órbita mayor.
Cuando los electrones atómicos vuelven a un estado inferior, emiten radiación electromagnética.
Las longitudes de onda de la radiación electromagnética emitida por este proceso dependen de los niveles de energía de las órbitas atómicas características del gas en la descarga y la interacción entre átomos determinada por la presión del gas [13] [14]. A presiones más altas la distribución espectral se amplía y contiene más longitudes de onda.

La Figura 1.8 muestra la distribución de la radiación óptica de una descarga de mercurio a baja presión.
Una porción significativa de la energía radiada total está en el UV a 253,7 nm, que no está incluido en los datos. La Figura 1.9 muestra la descarga operando a alta presión, exhibiendo un cambio significativo en el espectro. La presión del gas que participa en la descarga eléctrica tiene un gran efecto en la distribución espectral de la potencia radiada y es un aspecto importante de las fuentes modernas de descarga eléctrica.

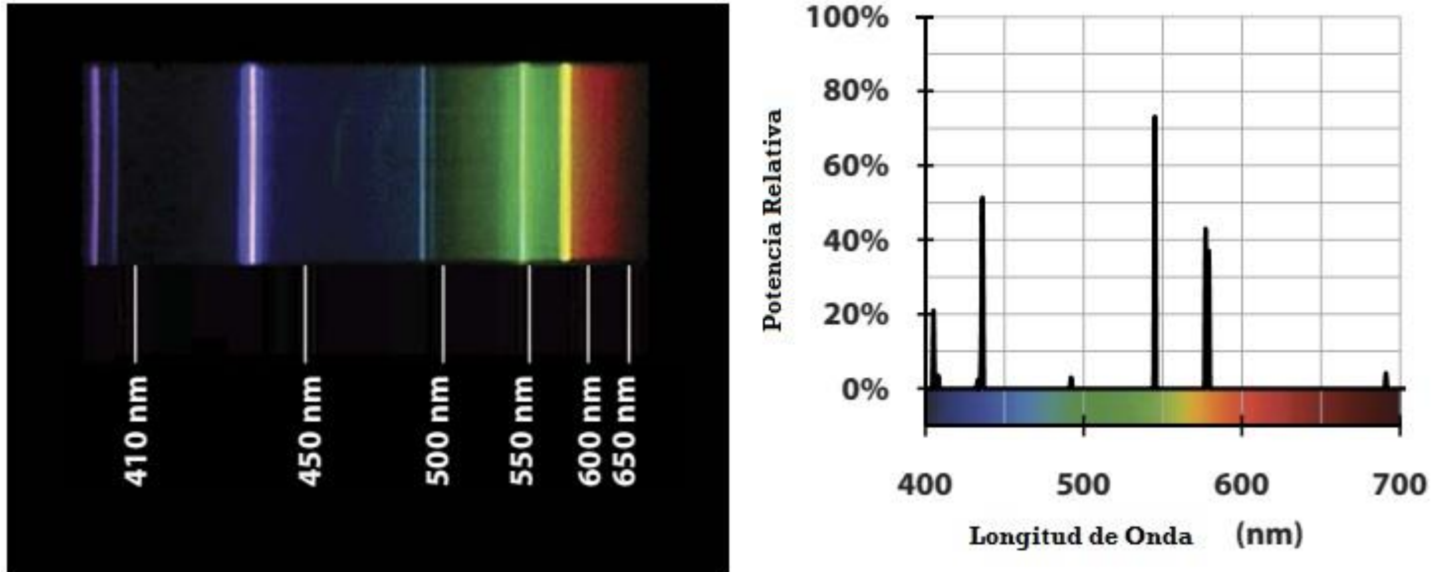


FIGURA 1.6 | ESPECTRO DE RADIACIÓN ÓPTICA DE MERCURIO
Dos representaciones de una radiación óptica de una descarga de mercurio a alta presión. A la izquierda hay una imagen producida por la radiación óptica que pasa a través de una rendija estrecha y se dispersa por una rejilla de difracción. Las cantidades relativas de energía están indicadas por el brillo de las líneas. A la derecha, se trazan en un gráfico los valores registrados por un detector de energía radiante que escaneó la misma dispersión.

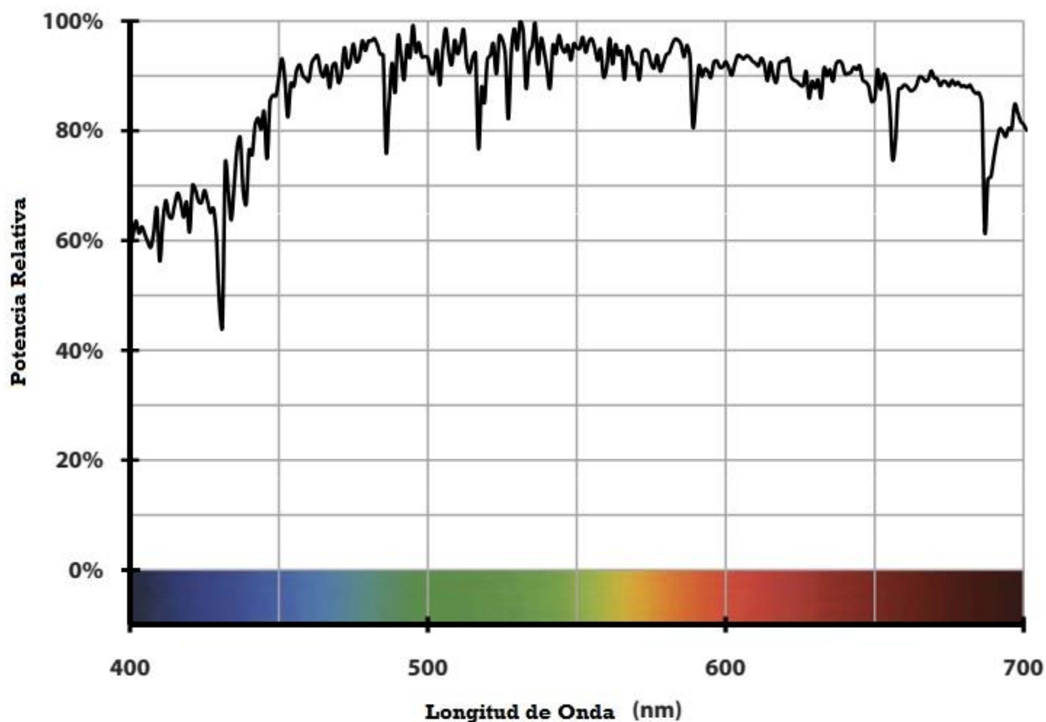


FIGURA 1.7 | ESPECTRO DE RADIACIÓN ÓPTICA DEL SOL
Radiación óptica del sol al nivel del mar, que muestra la potencia relativa en cada longitud de onda y el color aproximado asociado con esas longitudes de onda. Las caídas muestran el poder que es absorbido por la atmósfera en varias bandas estrechas de longitud de onda del espectro solar, que de otro modo sería casi continuo.

FIGURA 1.8 | MERCURIO DE BAJA PRESIÓN ESPECTRO DE DESCARGA

Distribución de la radiación óptica de una descarga de mercurio en baja presión.

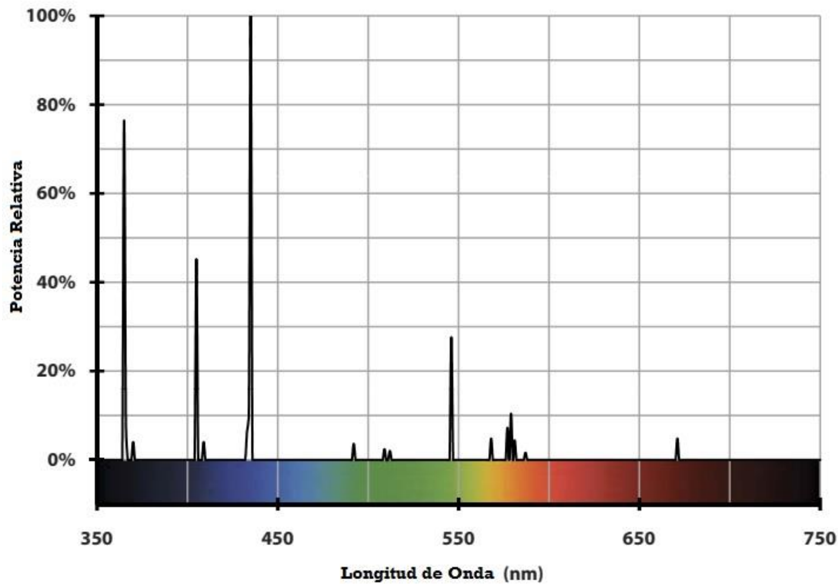
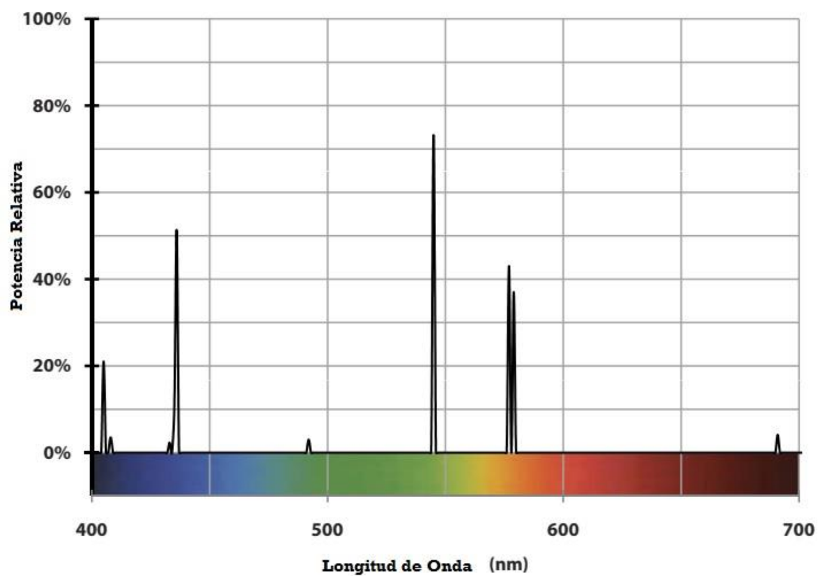


FIGURA 1.9 | MERCURIO DE ALTA PRESIÓN ESPECTRO DE DESCARGA

Distribución de la radiación óptica de una descarga de mercurio en alta presión.



1.4.3.2 FUENTES PRÁCTICAS DE DESCARGA DE GAS

La mayoría de las fuentes de descarga eléctrica modernas utilizan mercurio para proporcionar los electrones de conducción y tienen uno o más elementos adicionales que componen el gas y que participan a menudo dominando en la generación de radiación óptica después de que la lámpara se ha estabilizado. La Figura 1.10 muestra la distribución espectral de una lámpara de mercurio y sodio operando a alta presión. La figura 1.11 muestra la distribución de una lámpara de halogenuros metálicos que utiliza mercurio, sodio y escandio.

1.4.4 PRODUCCIÓN INCANDESCENTE DE RADIACIÓN ÓPTICA

La incandescencia es el proceso por el cual un material emite radiación óptica debido a su temperatura solamente; es decir, radiación para una fuente que resulta de la excitación irregular de los electrones libres de innumerables átomos debido al movimiento atómico. El calor es movimiento atómico y la temperatura es una medida del calor. Cuanto mayor sea la temperatura de un cuerpo, mayor es el movimiento atómico, y cuanto mayor y más rápida es la excitación atómica y-

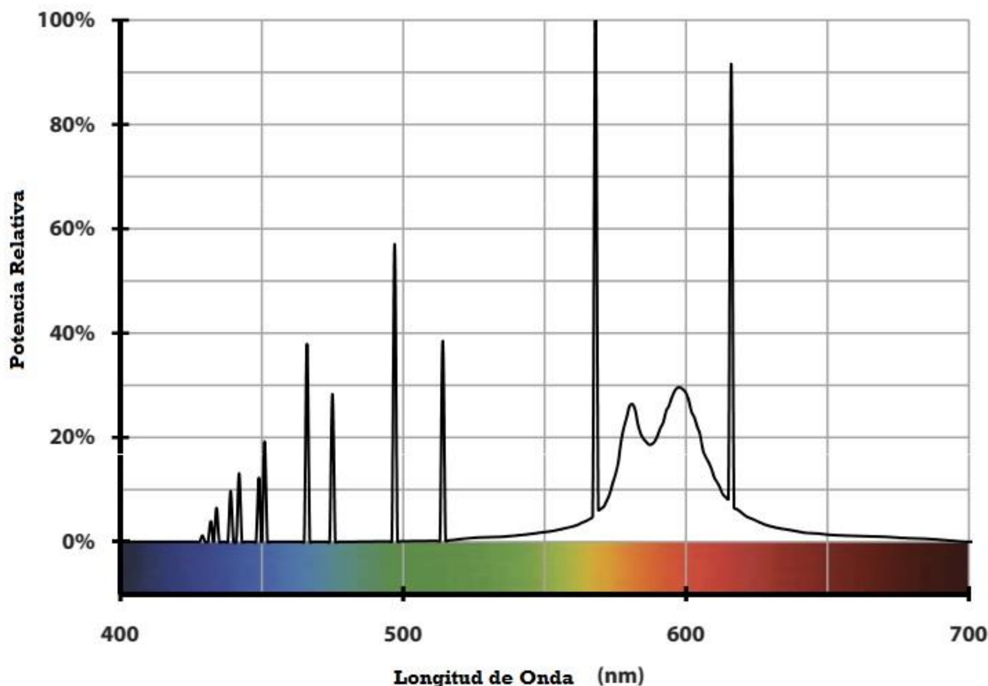


FIGURA 1.10 | ESPECTRO DE UNA DESCARGA DE SODIO A ALTA PRESIÓN

Radiación óptica de una descarga de sodio a alta presión.

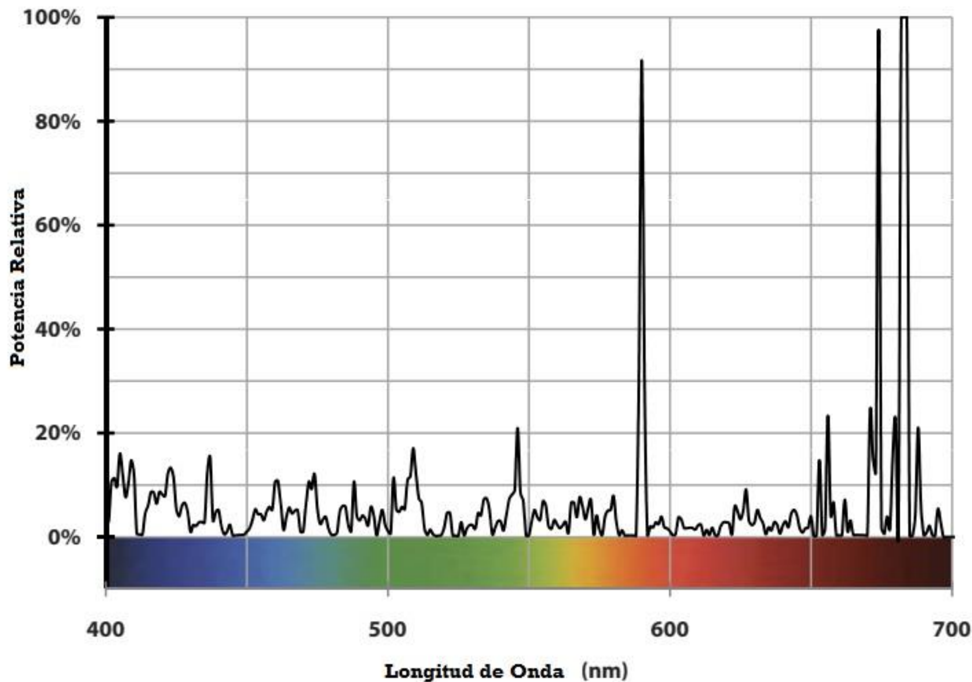


FIGURA 1.11 | ESPECTRO DE UNA DESCARGA DE HALOGENUROS METÁLICOS

Radiación óptica de una lámpara de halogenuros metálicos que utiliza mercurio, sodio y escandio.

-generación de fotones. Esta excitación térmica involucra muchos electrones de diferentes tamaños, transiciones y niveles de energía y así da lugar a muchas longitudes de onda de radiación, formando un espectro más o menos continuo.
A temperaturas por debajo de aproximadamente 873 K (600 °C), sólo la radiación óptica en el rango IR (Infrarojo) es emitido por un cuerpo. Una estufa de carbón por ejemplo, o una plancha eléctrica. Las transiciones electrónicas en átomos y moléculas a temperaturas superiores a aproximadamente 600°C dan como resultado la liberación de radiación óptica en las regiones visible e IR. La incandescencia del filamento de una lámpara, es causado por la acción de calentamiento de una corriente eléctrica. Esta acción de calentamiento aumenta la temperatura del filamento sustancialmente por encima de 600°C, produciendo radiación óptica visible.

1.4.4.1 RADIACIÓN DEL CUERPO NEGRO

Un cuerpo negro es un objeto o material que absorbe toda la radiación electromagnética incidente; ninguna se transmite, ninguna se refleja. Tal objeto idealizado, si fuera frío, sería al aparecer negro. Así el nombre. En 1860, Gustav Kirchhoff [15] mostró a partir de condiciones en equilibrio que si una cavidad hecha de dicho material se calienta, la radiación en su interior tendría un espectro de potencia radiante emitida que dependería únicamente de su temperatura.
Este es el llamado radiador de cuerpo negro y el espectro particular de energía que produce es la radiación del cuerpo negro. La Figura 1.12 muestra la potencia radiante espectral por unidad de área de un cuerpo negro, en escala logarítmica, en función de la longitud de onda para varias temperaturas absolutas. La figura 1.13 muestra datos similares en el rango de longitud de onda visible.

Si se hace un pequeño agujero en dicha cavidad, cualquier radiación que entre en el agujero será absorbida en la cavidad, independientemente de la longitud de onda, y ninguna volvería a salir. Este es una precisa aproximación a un cuerpo negro. Si la cavidad se calienta, la radiación emitida por el agujero es casi la radiación del cuerpo negro. Los datos que

describen las curvas de radiación del cuerpo negro fueron obtenidas de esta manera por Lummer y Pringsheim [16] utilizando un tubo calentado uniformemente especialmente construido como fuente. Intentos de predecir el espectro de esta radiación fracasaron hasta que Planck, introduciendo el concepto de cuantos discretos de energía, desarrolló una ecuación que representó con éxito estas curvas. La ecuación de Planck se puede formar para dar una distribución de potencia espectral de un cuerpo negro en función de la temperatura:

$$P(\lambda) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{T\lambda}} - 1} \quad (1.8)$$

Dónde:

P(λ)= densidad de potencia radiada a la longitud de onda λ en w/m^2/λ
c_1= 3,7415 10^{-16} w m^2
c_2= 1,43878 10^{-2} K m
T= Temperatura en grados Kelvin
λ= Longitud de onda en metros

Un radiador de cuerpo negro es un radiador incandescente perfecto. En teoría, toda la energía emitida por las paredes del radiador del cuerpo negro finalmente es reabsorbida por las paredes; es decir, ninguno escapa del recinto. Así, un cuerpo negro irradia más poder total y más potencia a una longitud de onda dada que cualquier otra fuente con la misma área y temperatura.

Kelvin es la unidad absoluta de medida de temperatura y utiliza el símbolo K. Absoluto, llamado así, porque su punto cero se fija en el cero absoluto, definido como el cese de todos los movimientos térmicos. La física, y por adopción, la iluminación, caracteriza la temperatura de las fuentes utilizando esta escala de temperatura. La temperatura ambiente es de aproximadamente 300 K. El filamento de una lámpara incandescente opera a aproximadamente a 2850 K.

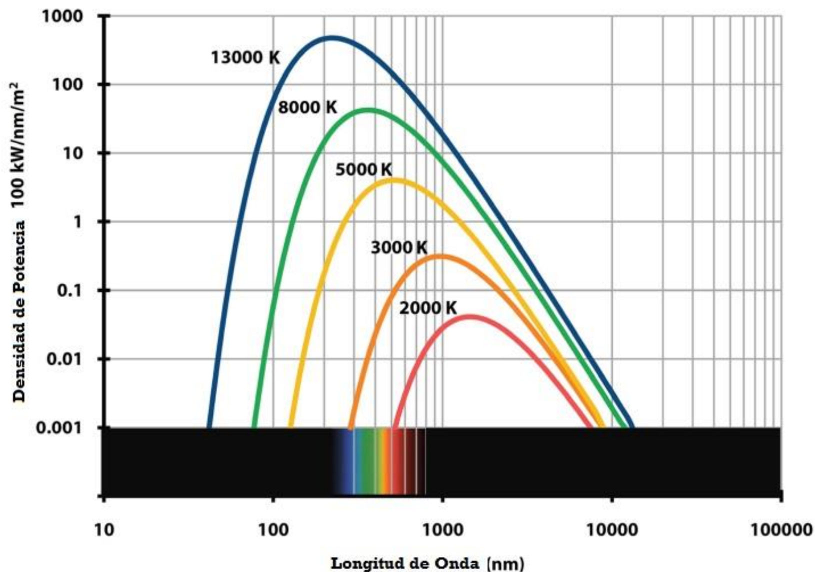


FIGURA 1.12 | ESPECTRO DE CUERPOS NEGROS

La potencia radiante espectral por unidad de área de un radiador de cuerpo negro para varias temperaturas de operación.

1.4.4.2 FUENTES INCANDESCENTES PRÁCTICAS

Ningún radiador conocido tiene la misma potencia emisiva que un cuerpo negro. La relación de la salida de un radiador en cualquier longitud de onda a la de un cuerpo negro a la misma temperatura y la misma longitud de onda se conoce como la emisividad espectral, ε (λ), del radiador de energía. La potencia radiante de una fuente práctica, particularmente de una lámpara incandescente, a menudo se la describe por comparación con un cuerpo negro.

Cuando la emisividad espectral es constante para todas las longitudes de onda, el radiador se conoce como cuerpo gris. Ningún radiador conocido tiene una emisividad espectral constante para todas las longitudes de onda visibles, IR y UV, pero en la región visible, un filamento de carbono exhibe una emisividad casi uniforme; esto es decir que un filamento de carbono es casi un cuerpo gris para esta región del espectro electromagnético.
En la región visible, el tungsteno tiene una emisividad casi constante de 0,44.

Se muestra el espectro en la región visible de una lámpara halógena de tungsteno que funciona a 3000 K.
en la figura 1.14. Tiene casi el espectro de un radiador de cuerpo negro que funciona a 3010 K.

1.4.5 PRODUCCIÓN LUMINISCENTE DE RADIACIÓN ÓPTICA

La luminiscencia es el proceso por el cual un material emite radiación óptica cuando absorbe energía que se vuelve a emitir en forma de fotones. Los resultados de la radiación de fuentes luminiscentes debido a la excitación de electrones de valencia simple de un átomo, ya sea en estado gaseoso, donde cada átomo está libre de la interferencia de sus vecinos, o en un sólido cristalino o molécula orgánica, donde la acción de sus vecinos ejerce un marcado efecto. En el primer caso, la línea de resultados de espectros, como los de descarga de mercurio o sodio. En el segundo caso, como con diodos emisores de luz, resultan bandas de emisión estrechas, que cubren una parte del espectro, generalmente en la región visible.

En las fuentes eléctricas modernas se utilizan dos tipos de luminiscencia. La Fotoluminiscencia que describe el proceso por el cual una sustancia absorbe un fotón (radiación electromagnética) de una longitud de onda particular y vuelve a irradiar radiación electromagnética a una longitud de onda más larga.
La electroluminiscencia describe el proceso por el cual una sustancia absorbe un electrón y emite radiación electromagnética. El proceso de absorción de electrones de la electroluminiscencia, suele ser parte de la conducción eléctrica en la sustancia.

FIGURA 1.13 | ESPECTRO DE CUERPOS NEGROS EN EL RANGO VISIBLE

Potencia radiante espectral por unidad de área de un
radiador de cuerpo negro en la región visible del espectro para varias temperaturas de funcionamiento.

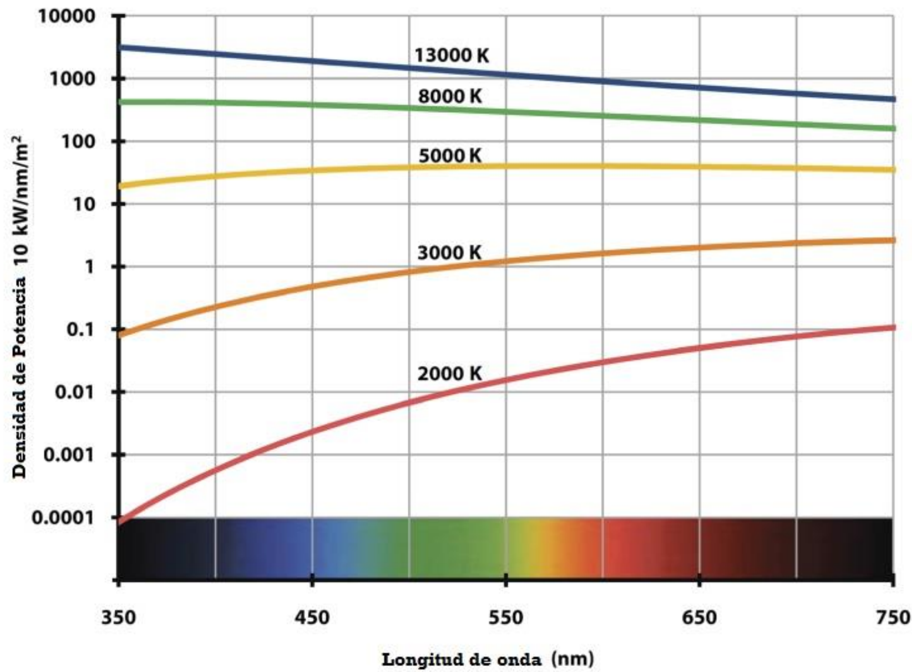
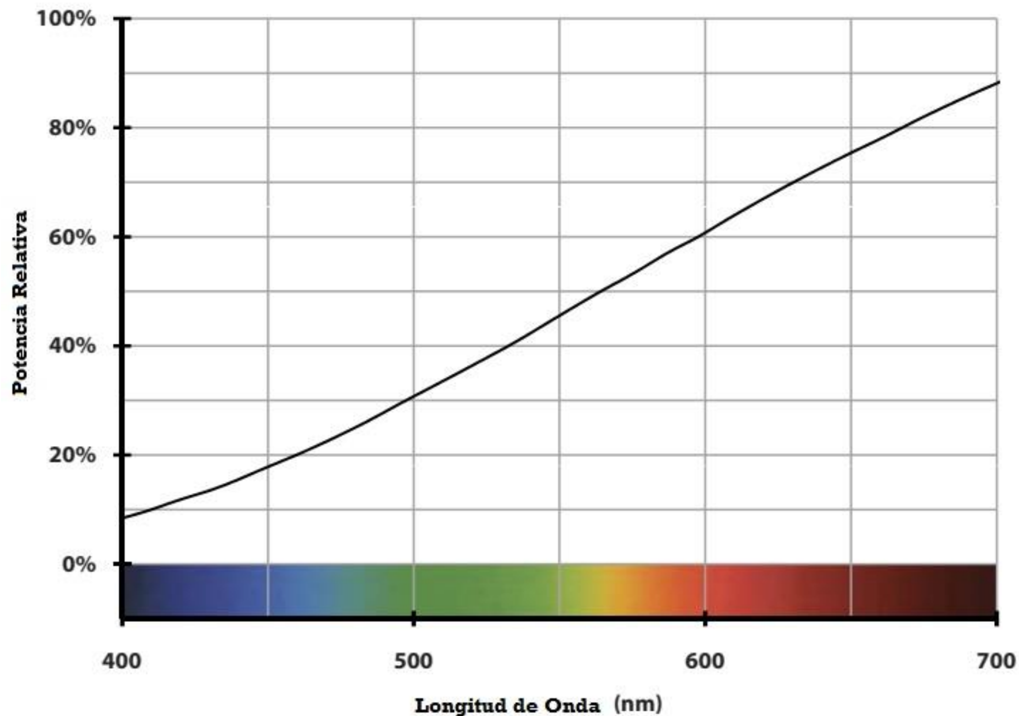


FIGURA 1.14 | ESPECTRO DE UNA LÁMPARA DE TUNGSTENO HALÓGENA

El espectro de radiación óptica de una lámpara de tungsteno halógena que funciona a 3000 K. Los valores son relativos a la potencia máxima emitida en la región visible extendida.



Para más información ver:

Recursos de color IESH/10e
> 4.8.4 Percepción de profundidad
• en el contexto de superficies coloreadas
> 6.25 Temperatura de color y correlación
Temperatura del color
• en el contexto de la apariencia de la lámpara energizada
> 6.3 Reproducción de color
• en el contexto del efecto de lámpara energizada en superficies
> 6.4 Especificación de color de materiales
• en el contexto del color de la superficie y la reflectancia

En algunas fuentes eléctricas se utilizan tanto la descarga de gas como la fotoluminiscencia, como ocurre con la lámpara fluorescente. En este caso, una descarga conductiva de mercurio a baja presión produce radiación óptica UV. La fotoluminiscencia de una capa de fósforo en la pared de la bombilla de la lámpara absorbe la radiación óptica UV y vuelve a irradiar la radiación óptica visible.
Algunos diodos emisores de luz usan solo electroluminiscencia. Conducción eléctrica a través una unión semiconductora que tiene átomos que absorben electrones y emiten radiación óptica.
Otros tipos de diodos emisores de luz utilizan tanto la electroluminiscencia como la fotoluminiscencia.
La electroluminiscencia en la unión del semiconductor produce ondas ópticas de radiación con longitud de onda corta.
La fotoluminiscencia del fósforo en la parte superior de la unión absorbe esta radiación óptica y re-irradia radiación óptica visible. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

1.4.5.1 FOTOLUMINISCENCIA: FLUORESCENCIA
La fluorescencia describe un tipo de fotoluminiscencia en la que una molécula de una sustancia absorbe un fotón e inmediatamente emite un fotón de mayor longitud de onda. La fluorescencia es la base de la producción de luz en la lámpara fluorescente: radiación óptica UV, producida por una descarga eléctrica en vapor de mercurio se convierte en radiación óptica visible por los fósforos de la lámpara. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los fósforos utilizados en las lámparas fluorescentes son compuestos inorgánicos cristalinos de pureza química excepcionalmente alta y de composición controlada a los que se les añaden pequeñas cantidades de otras sustancias (los activadores) para convertirlos en materiales fluorescentes eficientes. Con la combinación adecuada de activadores y compuestos inorgánicos, el color de la emisión puede ser controlado.
Para que el fósforo emita luz, primero debe absorber radiación. En la lámpara fluorescente esto está principalmente en una longitud de onda de 253,7 nm. La energía absorbida transfiere un electrón a un estado excitado. Después de la pérdida del exceso de energía a la red del fósforo como energía vibratoria (calor), el electrón oscila alrededor de una posición estable durante un tiempo muy corto, después de lo cual vuelve a su posición orbital y nivel de energía originales, con la emisión simultánea de un fotón de radiación. La ley de Stokes establece que la radiación emitida por este proceso debe ser de longitud de onda más larga que la absorbida. Debido a la oscilación del electrón alrededor de una posición orbital estable y excitada, ambos procesos de excitación y emisión cubren rangos de longitud de onda, comúnmente conocidas como bandas. En algunos fósforos están presentes dos activadores. Uno de estos, el activador primario, determina las características de absorción y puede utilizarse solo, ya que también da emisión. El otro, el activador secundario, no entra en el mecanismo de absorción pero recibe su energía por transferencia dentro del cristal desde un activador primario vecino. La luz emitida por el activador secundario es más larga en longitud de onda que la del activador primario. La cantidad relativa de emisión de los dos activadores está determinada por la concentración del activador secundario.
Los fósforos utilizados en la mayoría de las lámparas fluorescentes "blancas" de tecnología anterior tenían doblemente fósforos de halofosfato de calcio activados en combinación con compuestos de tierras raras con fósforos activados.

Las lámparas fluorescentes modernas utilizan trifósforos activados por tierras raras que emiten en bandas en azul y verde de aluminato de magnesio y bario activado con europio y aluminato de cerio y magnesio activado con terbio, y emiten en bandas en rojo a partir del óxido de itrio.

Las figuras 1.15 y 1.16 muestran la radiación óptica emitida en función de la longitud de onda para dos tipos de trifósforos: uno que produce radiación óptica con un color correlacionado con la temperatura de 2700 K y otra a 4000 K. Ambos son estimulados con radiación óptica con longitudes de onda de 185 y 253,7 nm.

FIGURA 1.15 | ESPECTRO DE UNA LÁMPARA CON TRIFÓSFORO 2700 K

La radiación óptica de una lámpara fluorescente con trifósforo diseñada para producir una radiación con una temperatura de color correlacionada de 2700 K.

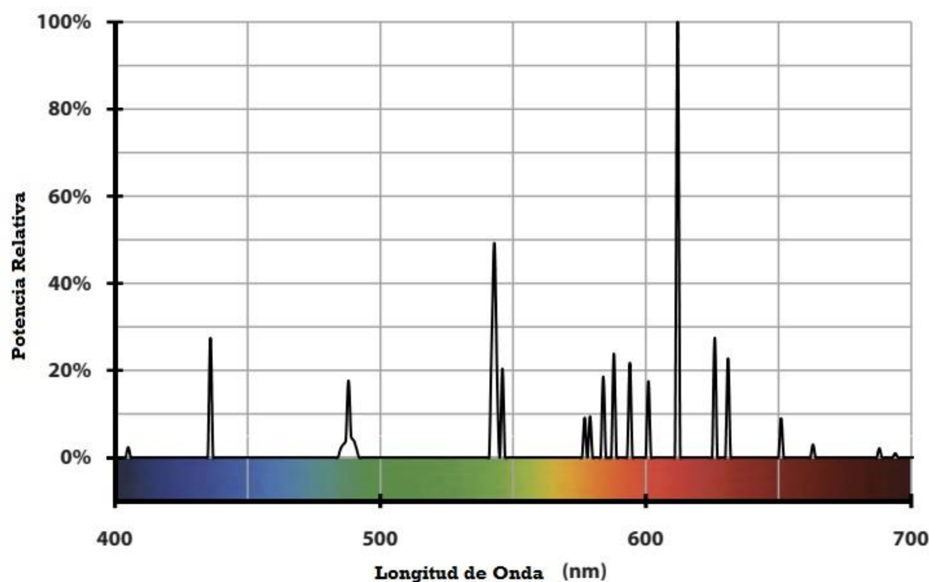
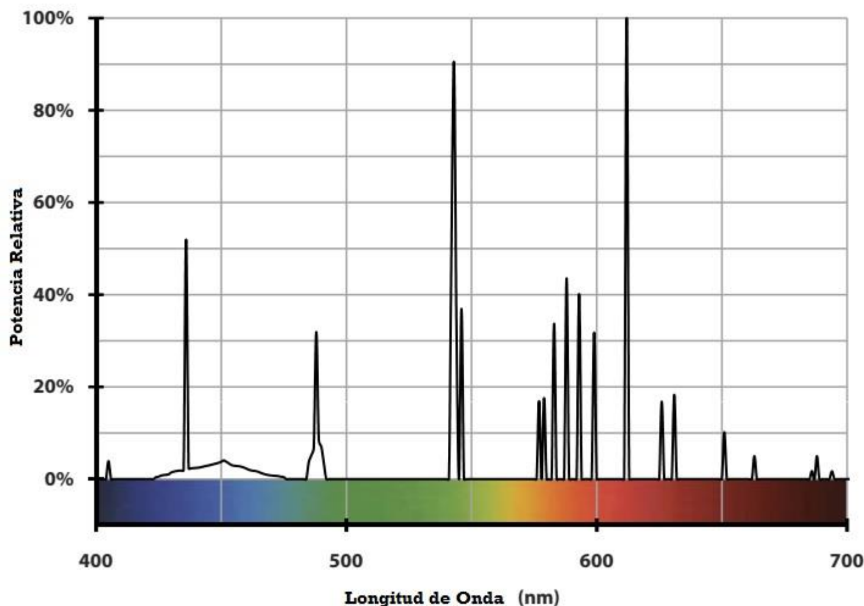


FIGURA 1.16 | ESPECTRO DE UN LÁMPARA TRIFÓSFORO 4000 K

La radiación óptica de una lámpara fluorescente con trifósforo diseñada para producir una radiación con una temperatura de color correlacionada de 4000 K.



1.4.5.2 FOTOLUMINISCENCIA: FOSFORESCENCIA

La fosforescencia describe un tipo de fotoluminiscencia en la que el tiempo entre la absorción y emisión de fotones es significativamente más larga que la observada en la fluorescencia. La transición de un estado excitado a un estado estable en materiales fosforescentes puede tomar minutos u horas. Es decir, exhiben una larga persistencia luminosa. La fosforescencia no es común en las fuentes de iluminación arquitectónica, pero se usa en algunos marcadores de orientación.

1.4.5.3 ELECTROLUMINISCENCIA: LÁMPARAS ELECTROLUMINISCENTES

Ciertos fósforos convierten la energía directamente en radiación óptica, sin utilizar un paso intermedio como en una descarga de gas, utilizando el fenómeno de la electroluminiscencia [18]. Una lámpara electroluminiscente se compone de un conductor de área bidimensional (transparente u opaco) sobre el que se deposita una capa de fósforo dieléctrico. Un segundo conductor de área bidimensional de material transparente se deposita sobre la mezcla de fósforo dieléctrico. Se establece un campo eléctrico alterno entre los dos conductores con la aplicación de un voltaje a través de los conductores bidimensionales (área). Por debajo de la influencia de este campo, algunos electrones en el fósforo electroluminiscente se excitan.
Durante el retorno de estos electrones a su estado fundamental, el exceso de energía se emite como radiación óptica. Véase 1.4.1 Estructura atómica y radiación óptica.

El color de la luz emitida por una lámpara electroluminiscente depende del fósforo, la luminancia depende de la frecuencia y el voltaje; los efectos varían con el tipo de fósforo.
La eficacia de los dispositivos electroluminiscentes es baja en comparación incluso con las lámparas de filamento. Esto es del orden de unos pocos lúmenes por vatio. Ver 5.5.5 Eficacia luminosa de una fuente.

Para más información ver:

Iluminación de estado sólido IESH/10e
Recursos
> 7.5 Iluminación de estado sólido

• las características técnicas de los LED
> 13.3 Vida útil y mantenimiento de lúmenes
• describe características prácticas importantes de LEDs y su uso en iluminación arquitectónica

1.4.5.4 ELECTROLUMINISCENCIA: DIODOS EMISORES DE LUZ

Un diodo es un dispositivo electrónico semiconductor de estado sólido con dos electrodos, ánodo y cátodo, y por lo general conduce la electricidad en una sola dirección. La conducción tiene lugar a través de una unión positiva-negativa (p-n) de estado sólido. El silicio ultrapuro se dopa con elementos de las columnas III y V de la tabla periódica de elementos para producir dos tipos de silicio. En uno, el elemento dopante tiene electrones que se liberan fácilmente del extremo más externo donde órbita del elemento atómico dopante; esto es silicio negativo o dopado con n. En el otro, el elemento dopante tiene una órbita más externa que aceptaría fácilmente un electrón más.
Se dice que las ubicaciones de este elemento dopante dentro del silicio tienen "agujeros" para aceptar electrones. Este es silicio positivo o dopado p.
Si estos dos materiales se ponen en contacto, los electrones cercanos a la unión se moverán para llenar los agujeros y se establece un estrecho espacio neutral o zona de agotamiento. Sin energía exterior, no se produce más recombinación de huecos de electrones. La energía necesaria para los electrones para cerrar la brecha depende de la estructura y el material de la unión. Si es correcta la polaridad y es suficiente la corriente continua de bajo voltaje se aplica a la unión, los electrones y los agujeros se mueven a través de la zona de agotamiento, lo que permite que los electrones se combinen con los agujeros, y la unión se vuelve eléctricamente conductora.
Bajo ciertas condiciones y si está hecho de ciertos materiales, un diodo emitirá radiación óptica mientras conduce la electricidad. Los diodos emisores de luz (LED) producen radiación óptica por electroluminiscencia cuando los electrones libres que se mueven en un material semiconductor en el proceso descrito anteriormente, se unen a un átomo que tiene una capa o capa más externa que puede aceptar un electrón. En el proceso de caer en tal órbita, el electrón libera energía y el material emite radiación óptica.
Es decir, cuando se aplica la corriente de polarización directa I_f, se inyectan electrones en la región p y los agujeros se inyectan en la región n. La emisión de fotones se produce como resultado de la recombinación electrón-hueco en la región p. La energía que se libera de estas recombinaciones es la brecha de banda de energía. Es la diferencia o separación de energía entre la banda de energía de conducción del material dopante n y la banda de energía de valencia del material de dopaje p.

Las transiciones de energía de electrones a través de la brecha de energía, denominadas recombinaciones radiativas, producen fotones, mientras que las transiciones de energía en derivación, denominadas recombinaciones no radiativas, producen una vibración local a corto plazo en la estructura reticular del silicio, denominada fonones, este tipo más tarde de recombinación produce calor. La eficiencia con la que los fotones son producidos por las recombinaciones electrón-hueco es la eficiencia cuántica de la unión. La figura 1.17 representa esquemáticamente estos dos tipos de resultados de las recombinaciones de huecos de electrones [19].

Las características de Eg determinan la eficiencia cuántica y las longitudes de onda radiativas del dispositivo LED. Por ejemplo, la longitud de onda de la energía radiativa, λ, viene dada por:

$$\lambda = \frac{h\,c}{E_g} \tag{1.9}$$

Dónde:

h= Constante de Planck
c= Velocidad de la luz

El espectro producido por las recombinaciones radiativas en los LED depende del dopaje del material, la temperatura de la unión y, hasta cierto punto, la estructura física de la unión. La figura 1.18 muestra la distribución espectral de la radiación óptica para tres tipos de LED [20].

La salida radiante de los LED en la región visible del espectro puede disminuir significativamente al aumentar la temperatura de unión. La figura 1.19 muestra este efecto para tres LED con diversas cantidades de indio utilizados en el dopaje [21].

1.4.5.5 ELECTROLUMINISCENCIA: DIODOS ORGÁNICOS EMISORES DE LUZ

Los LED también pueden estar hechos de material semiconductor orgánico. En este caso la estructura es una película delgada y en capas, en lugar de un pequeño bloque de material, como en los LED de silicio. En una forma de OLED, las capas de película delgada de semiconductores orgánicos se intercalan entre una fina capa de aluminio y una capa transparente de óxido de indio; todo apoyado por un sustrato transparente de vidrio o plástico. Los OLED son fuentes de área de radiación óptica, en lugar de las diminutas uniones luminosas de silicio como en los LED. Los elementos activos de un OLED se pueden depositar sobre un sustrato en patrones, al igual que la impresión, y así se prevee pantallas, señalización y sistemas de ventanas activas impulsados por OLED.

FIGURA 1.17 | OPERACIÓN LED

Las recombinaciones de huecos de electrones en un LED, que producen fotones y fonones. Los círculos grises representan átomos de silicio, unidos en una estructura reticular establecida por enlaces mutuos que implican electrones de valencia en su órbita más externa. El circulo blanco es una impureza (átomo de dopaje positivo) que carece de un electrón más externo y por lo tanto es llamado "agujero"; es decir, proporciona un hueco para un electrón. El círculo negro representa un electrón de una impureza (dopaje de átomo negativo) que tiene un solo electrón orbital más externo al que puede ceder con relativa facilidad y, por lo tanto, proporciona un electrón conductor libre.

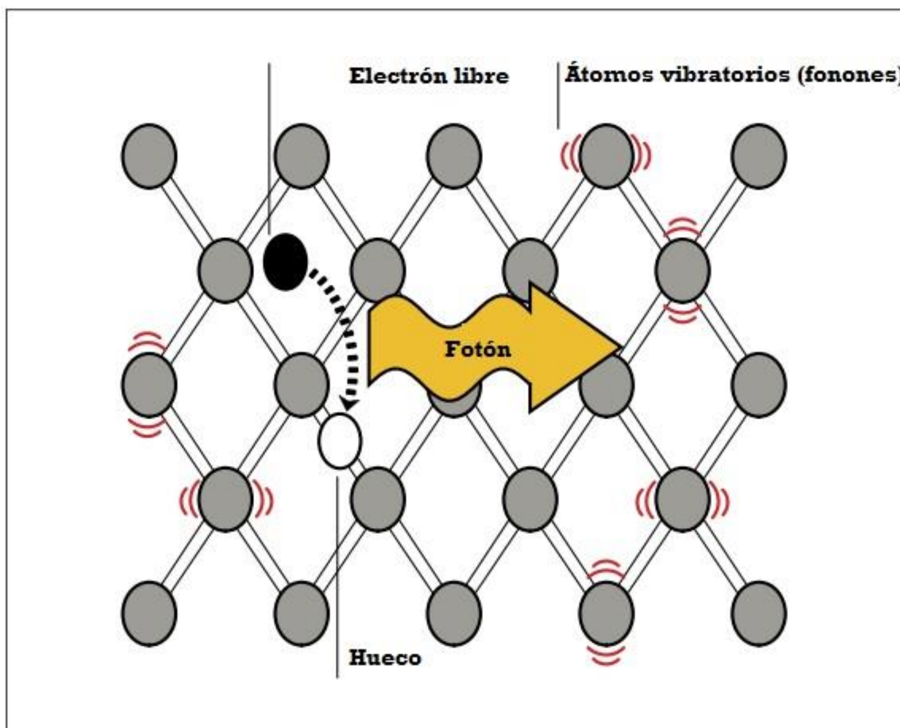


FIGURA 1.18 | ESPECTROS DE LED

La radiación óptica de tres tipos de LED.
Dos hechos con nitruro de galio e indio (GaInN) y nitruro de galio (GaN) que producen luz azul y verde.
Un tercero hecho de fosfuro de aluminio, galio e indio (AlGaInP) y arseniuro de galio (GaAs) que produce luz roja.

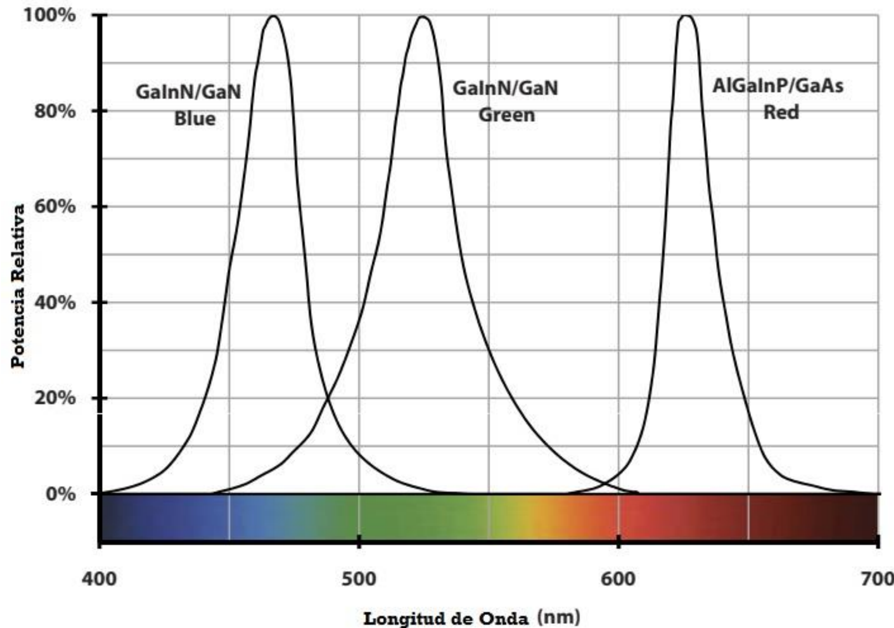
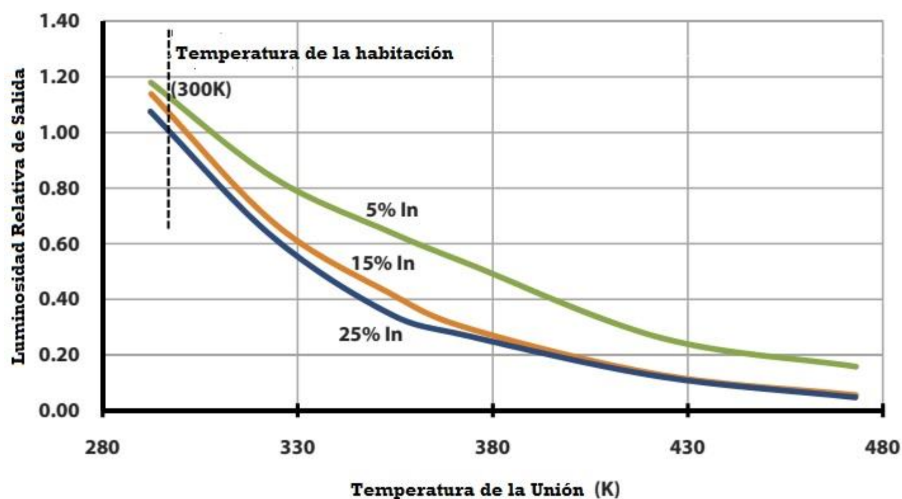


FIGURA 1.19 | EFECTO DE LA UNIÓN LED
Temperatura

El efecto de la temperatura de la unión en la luminosidad de salida del LED con cantidades variables de dopaje de indio. La salida radiativa está normalizada a temperatura ambiente, 300 K.



1.5 ÓPTICA PARA ILUMINACIÓN

La mayoría de las fuentes eléctricas generan radiación óptica en una distribución espacial que no está bien adecuada para su uso en iluminación arquitectónica. La forma del generador primario, y por lo tanto la forma en que distribuye la radiación óptica, generalmente está limitada por la física que gobierna la producción de luz: filamentos incandescentes enrollados delgados, capas de fósforo o columnas de gas luminoso. La obtención necesaria y redistribución de la radiación óptica, se logra utilizando varios fenómenos ópticos como base para los elementos de control óptico.

1.5.1 FENÓMENOS ÓPTICOS IMPORTANTES

La reflexión, la transmisión, la refracción, la interferencia, la difracción y la dispersión son los fenómenos ópticos utilizados para controlar la radiación óptica en la iluminación.

1.5.1.1 REFLEXIÓN

La reflexión es el proceso por el cual una parte de la radiación óptica que incide sobre un material y sale de ese material del lado incidente. La cantidad de radiación óptica que sale del material varía con las direcciones incidente y saliente y la longitud de onda incidente de la radiación óptica. La geometría de la radiación existente (independientemente de la cantidad) se utiliza para describir la reflexión. Generalmente se describen tres tipos: especular, difuso o extendido. La dependencia de la longitud de onda incidente se describe como reflectancia espectral.

REFLEXIÓN ESPECULAR

Si una superficie tiene irregularidades que son pequeñas en comparación con la longitud de onda de la radiación óptica incidente y es localmente lisa, se dice que está pulida y refleja especularmente; es decir, el ángulo entre el rayo reflejado y la normal a la superficie será igual al ángulo entre el rayo incidente y la normal, como se muestra en la figura 1.20. para materiales no conductores eléctricos que son ópticamente suaves, la ecuación de Fresnel describe la cantidad de radiación óptica reflejada por una superficie. La Tabla 1.2 muestra rangos típicos de reflectancia especular para materiales usados en luminarias y edificios.

REFLEXIÓN DE PROPAGACIÓN

Si una superficie reflectante no es lisa (es decir, áspera, corrugada, grabada o martillada), propaga rayos paralelos en un cono de rayos reflejados. Además, algunas superficies ópticamente suaves como el mármol pulido difunden la luz reflejada mediante la dispersión del subsuelo. La dirección reflectada y el grado de propagación dependen de la geometría de la superficie reflectante. La tabla 1.2 muestra rangos típicos de reflectancia dispersa para materiales utilizados en luminarias y edificios.

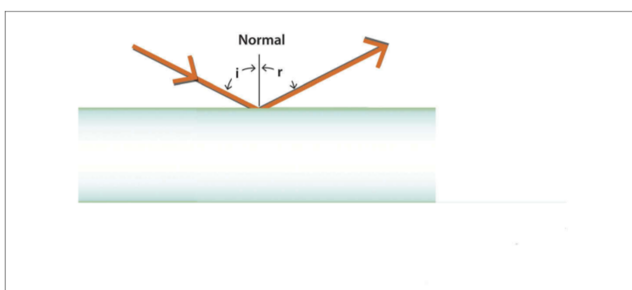


FIGURA 1.20 | REFLEXIÓN ESPECULAR

Reflexión especular de una superficie no conductora. Largamente descrita por la Ley de Snell para la Reflexión. La reflexión especular se define por los ángulos incidente y exitante que son iguales cuando se mide desde la superficie normal. Adicionalmente, la normal y tanto las direcciones del incidente como del exitante están en el mismo plano.

Augustine Fresnel, en 1823, proporcionó la primera teoría ondulatoria completa de la luz que fue capaz de predecir la mayoría de los resultados experimentales disponibles en ese momento relacionados con la reflexión, la difracción y la interferencia. La idea radical de Fresnel era que la luz se caracterizaba por una onda, pero las oscilaciones eran transversales, es decir, perpendicular, a la dirección de propagación. Usando la formulación de Fresnel fue posible por primera vez predecir el poder de la reflexividad de una superficie pulida de vidrio. La reflexión especular de superficies pulidas no conductoras son conocidas como reflexión de Fresnel.

Tipo de Relectancia	Material	Reflectancia
Especular	Vidrio espejado y con recubrimiento óptico	0.80-0.99
	Plástico metalizado y con recubrimiento óptico	0.75-0.97
	Aluminio procesado anodizado y revestido	0.75-0.95
	Cromo	0.60-0.70
	Acero inoxidable	0.60-0.65
	Vidrio estructural negro	0.05
Dispersa	Aluminio procesado	0.70-0.80
	Aluminio grabado	0.70-0.85
	Cromo satinado	0.50-0.55
	Porcelana esmaltada	0.65-0.90
	Vidrio estructural blanco	0.75-0.80
	Aluminio cepillado	0.55-0.60
	Pintura de aluminio	0.60-0.70
Difusa	Yeso blanco difuso	0.90-0.93
	Pintura blanca	0.75-0.90
	Terracota blanca	0.65-0.80
	Caliza	0.35-0.65

REFLEXIÓN DIFUSA

Si una superficie tiene irregularidades grandes, localmente no lisas o está compuesta de diminutas partículas de pigmento, se dice que es una superficie rugosa y el reflejo es difuso. Cada rayo que cae sobre una partícula infinitesimal obedece la ley de la reflexión, pero como las superficies de las partículas están en diferentes planos, reflejan la radiación óptica en muchos ángulos. Una idealización de esto es la Reflexión Difusa Perfecta, que produce una densidad de reflejo en la radiación que varía con el coseno del ángulo de salida, independientemente del ángulo de incidencia.
Esta idealización se utiliza a menudo en los cálculos de iluminación, ya que puede simplificar radicalmente el trabajo de cálculo y, al mismo tiempo, proporcionar una buena representación de las superficies reflectantes difusas reales.

REFLEXIÓN INTERNA TOTAL

La reflexión interna total de la radiación óptica en la interfaz de dos medios de transmisión, ocurre cuando el ángulo de incidencia, θ_1, excede un cierto valor cuyo seno es igual a la relación de los índices de refracción de los dos medios. Si el índice de refracción del primer medio es (n_1) es mayor que la del segundo medio (n_2), sen θ_1 se convertirá en la unidad cuando sen θ_2 es igual a n_2/n_1. En ángulos de incidencia mayores que este ángulo crítico, los rayos incidentes se reflejan

totalmente. En la mayoría de los vidrios, la reflexión total ocurre siempre que sen $\theta_1$es mayor que 0,66, es decir, para todos los ángulos de incidencia superiores a 41,8° (vidrio a aire).

REFLECTANCIA ESPECTRAL

La reflectancia espectral define la reflectancia de la radiación óptica de un material en una serie de bandas estrechas de longitud de onda. La figura 1.21 muestra ejemplos de datos de reflectancia espectral.

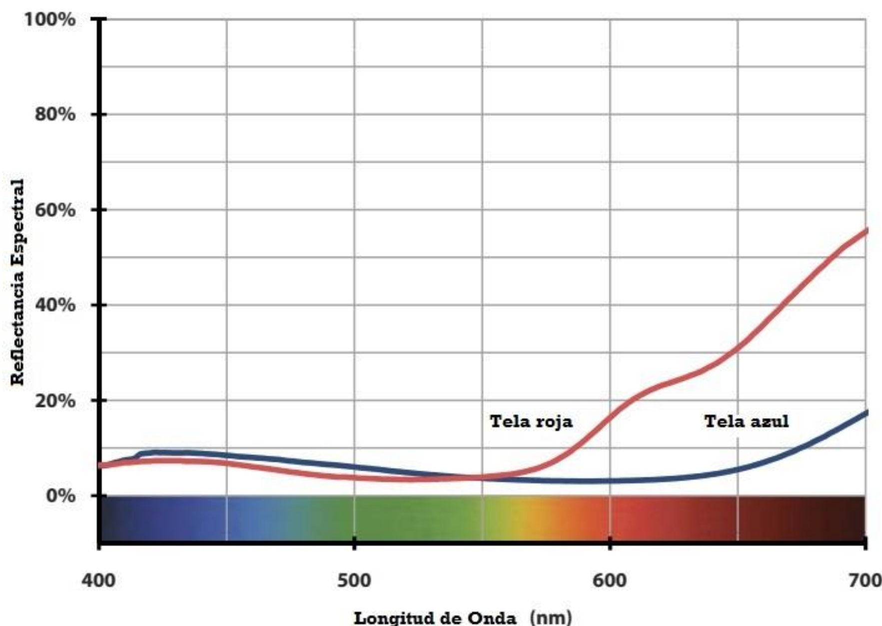
1.5.1.2 TRANSMISIÓN

La transmisión es el proceso por el cual una parte de la radiación óptica que incide sobre un material y lo atraviesa y emerge de él. La transmisión se ve afectada por los reflejos superficiales y absorción dentro del material. La geometría de la radiación existente se utiliza para describir la transmisión como: preservación de la imagen, difusa y esparcida. La dependencia de la longitud de onda incidente se describe como transmitancia espectral. La absorción de la radiación óptica dentro de un material puede ser descrito por la Ley de Absorción de Beer-Lambert. Transmisión a través de materiales prácticos implica reflexiones en el exterior y el interior de sus interfaces, así como la absorción dentro del propio material. Esto se muestra en la Figura 1.22. sumando el infinito número de rutas de transmisión da la transmisión total:

$$\tau(1-\rho)^2(1+\rho^2\tau^2+\rho^4\tau^4+\rho^6\tau^6+\rho^8\tau^8+\cdots)=\frac{\tau(1-\rho)^2}{(1-\rho^2\tau^2)} \qquad (1.10)$$

FIGURA 1.21 | REFLECTANCIA ESPECTRAL

Reflectancia espectral de tela roja y azul.



TRANSMISIÓN DE CONSERVACIÓN DE IMAGEN

Si el material transmisivo se dispersa poco o nada y si los planos incidente y saliente del material son paralelos, entonces los rayos están desplazados, pero tienen la misma dirección. En este caso se dice que el material es “transparente”. Es decir, una imagen de un objeto visto a través de tal material es esencialmente inalterado. La Figura 1.23 muestra este tipo de transmisión.

TRANSMISIÓN DE PROPAGACIÓN

Los materiales de transmisión extendidos combinan una geometría superficial variable y una absorción variable para dispersar y refractar la radiación incidente en un cono existente relativamente ancho. Esto suele ser producido por la rugosidad de la superficie. La Tabla 1.3 muestra rangos típicos de transmitancia para materiales usados en luminarias y edificios.

TRANSMISIÓN DIFUSA

Los materiales difusores dispersan la radiación óptica más o menos en todas las direcciones de avance de los rayos.
La transmisión perfectamente difusa es una idealización en la que la radiación transmitida tiene una densidad que varía con el coseno del ángulo de salida, independientemente del ángulo de incidencia.
Este material idealizado se utiliza a menudo en los cálculos de iluminación, ya que puede simplificar radicalmente el trabajo computacional y proporciona una buena representación de las superficies de transmisión difusa.

TRANSMITANCIA ESPECTRAL

La transmitancia espectral define la transmitancia de la radiación óptica de un material a una serie de bandas estrechas de longitud de onda. La Figura 1.23 muestra datos de transmitancia espectral para tres tipos de vidrio de fenestración [22].

FIGURA 1.22 | COMPONENTES DE TRANSMITANCIA

Transmitancia a través de una losa de material involucrando absorción y reflexión. T es la transmitancia total, ρ es la reflectancia en una interfaz, τ es la transmitancia dentro del material a lo largo de la ruta de viaje. La transmitancia total involucra múltiples caminos a través del material.

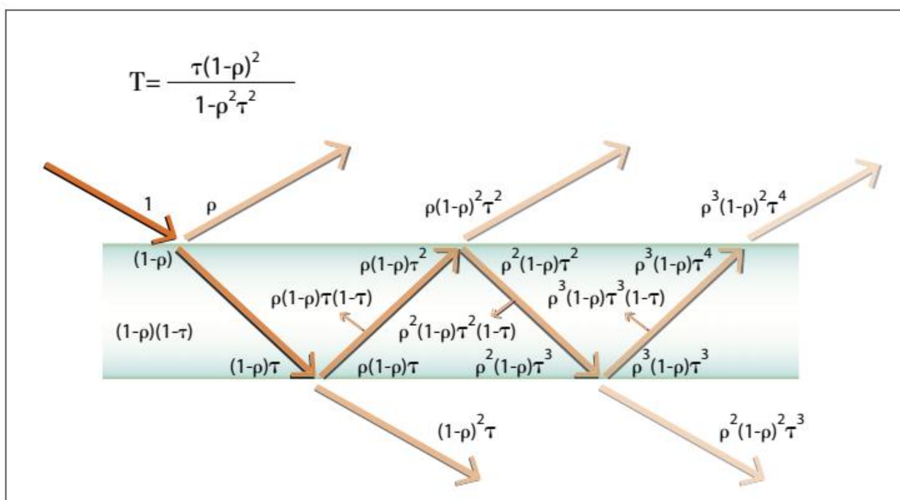
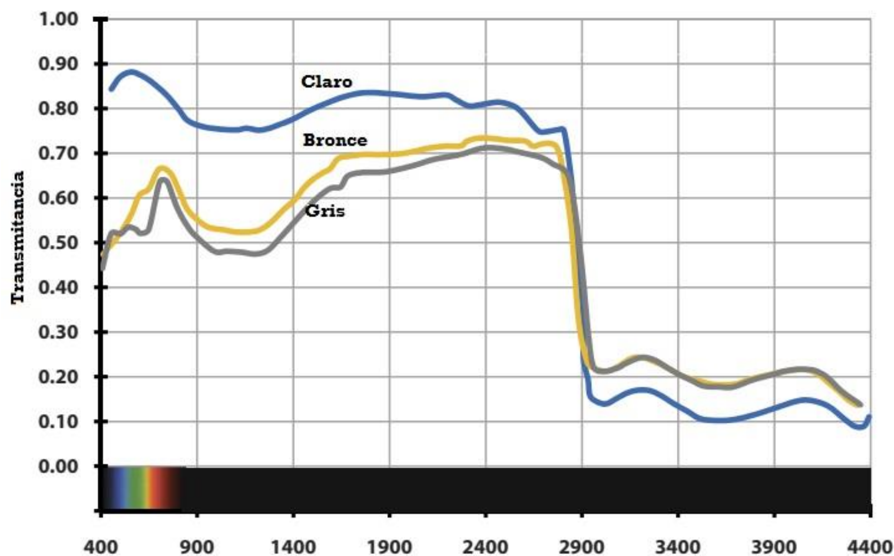


TABLA 1.3/ TRANSMITANCIA PARA ALGUNOS MATERIALES COMUNES

Material	Forma o Tratamiento	Transmitancia
Vidrio	Recubierta óptica y clara	0.80-0.99
	Configurado, grabado, difuminado o arenado	0.75-0.85
	Opalescente y alabastro	0.55-0.80
	Ópalo destellado	0.30-0.5
	Ópalo sólido	0.15-0.40
Plástico	Lentes prismáticos claros	0.70-0.95
	Vidrio estructural blanco	0.30-0.70
	Coloreado	0.05-0.30
	Mármol	0.05-0.30
	Alabastro	0.20-0.50

FIGURA 1.23 | TRANSMITANCIA ESPECTRAL
Transmitancia espectral desde lo visible hasta el infrarrojo lejano, de tres tipos de vidrio utilizados en los sistemas de ventanas de edificios.



***Willebrord Snell**, a principios del siglo XVII, encontró la relación simple entre los senos de los ángulos incidente y refractado y el índice de refracción de la refracción del material. Snell nunca publicó sus resultados pero René Descartes encontró la misma relación (o vio el manuscrito de Snell y lo plagió) y lo publicó en 1637 en su famosa obra sobre óptica. Una medida del éxito de la teoría ondulatoria propuesta por Augustine Fresnel fue su capacidad para predecir la cantidad de refracción.*

1.5.1.3 REFRACCIÓN

Un cambio en la velocidad de la radiación óptica ocurre cuando sale de un material y entra en otro de diferente densidad óptica. La velocidad se reducirá si el medio introducido es más denso, y aumentado si es menor. Excepto en incidencia normal, el cambio de velocidad siempre es acompañado por una desviación de la radiación óptica de su camino original en el punto de entrada. Esto se conoce como refracción. El grado de flexión depende de las densidades relativas de las dos sustancias, en la longitud de onda de la radiación óptica y en el ángulo de incidencia, siendo mayor para grandes diferencias de densidad que para pequeñas. La radiación óptica se desvía hacia la normal a la superficie cuando entra en

un medio más denso, y se aleja de la normal cuando entra en un material menos denso. El cambio de dirección es gobernado por la Ley de Snell:

$$\sin(\theta_1)n_1 = \sin(\theta_2)n_2 \qquad (1.11)$$

Dónde:

n_1= índice de refracción del primer medio
n_2= índice de refracción del segundo medio
θ_1= ángulo de incidencia de los rayos que forman con el plano que separa los medios
θ_2= los rayos angulares refractados que forman con el plano que separa los medios

La figura 1.24 muestra la refracción en las dos interfaces aire-vidrio. Los materiales exhiben un índice de refracción que cambia con la longitud de onda, por lo que el ángulo refractado depende de la longitud de onda.

1.5.1.4 INTERFERENCIA
Cuando dos ondas de radiación óptica de la misma longitud de onda se juntan en diferentes fases de su vibración, pueden combinarse para formar una sola onda. Si las fases son opuestas las ondas se restan y la amplitud resultante es la diferencia de las dos amplitudes, posiblemente cero. Si las fases son iguales, las ondas se suman y la amplitud resultante es la suma de las dos amplitudes. La figura 1.25 muestra la interferencia resultante cuando la radiación óptica se refracta y se refleja en películas delgadas. Parte de la radiación óptica incidente **ab** es primero reflejado como **bc**. Parte se refracta como **bd**, que nuevamente se refleja como **de**, y finalmente emerge como **ef**.
Si las ondas **bc** y **ef** tienen frentes de onda de un ancho apreciable, se superpondrán e interferirán.

1.5.1.5 DIFRACCIÓN
Debido a su naturaleza ondulatoria, la radiación óptica será redirigida a su paso por un borde opaco o a través de una pequeña rendija. El frente de onda se ensancha al pasar por una obstrucción, produciendo una sombra borrosa, más que nítida, del borde. La intensidad y la extensión espacial de la sombra depende de las características geométricas del borde, la extensión física (tamaño y forma) de la fuente y las propiedades espectrales de la radiación óptica. La radiación óptica al pasar a través de una pequeña rendija producirá barras alternas claras y oscuras como los frentes de onda creados por los dos bordes de la rendija que se interfieren entre sí.

1.5.1.6 DISPERSIÓN
Dado que la velocidad de la luz es una función de los índices de refracción de los medios involucrados y también de la longitud de onda, el camino de salida de un elemento refractor será diferente para cada longitud de onda de la radiación óptica incidente y para cada ángulo de incidencia, como se muestra en Figura 1.26 para un prisma de vidrio. Esta separación ordenada de la radiación óptica incidente en sus espectros de longitudes de onda componentes se llama dispersión.
La separación de la radiación óptica en sus longitudes de onda componentes también se puede producir mediante la estructura ondulada o acanalada fina y ordenada en las superficies metálicas durante la fabricación. La consiguiente aparición de colores por reflexión se denomina iridiscencia.

1.5.2 ELEMENTOS ÓPTICOS EN ILUMINACIÓN
Usando varios tipos de materiales, incluyendo metales, plásticos y vidrio, los elementos ópticos son formados y colocados alrededor de una fuente de luz para proporcionar el control óptico necesario. Los reflectores, lentes, prismas, difusores y películas delgadas son formas de elementos ópticos comúnmente utilizados.

***Francesco Grimaldi**, **SJ** encontró e identificó la difracción durante experimentos ópticos que estaba realizando con lápices de luz muy pequeños. Grimaldi acuñó el término “difracción”. Sus resultados aparecieron en su libro publicado póstumamente en 1665.*

Fue a través de Grimaldi que Newton aprendió sobre la difracción. En 1803, Thomas Young dio su famosa demostración de interferencia y difracción. Por entonces estaba claro que, como la refracción, la cantidad de difracción dependía de la longitud de onda. Una pantalla de pelos muy finamente espaciados enrollados en pequeños tornillos de latón hechos con precisión fue utilizado por primera vez por el estadounidense David Rittenhouse en 1785 para dispersar luz blanca en sus componentes. En 1813 el óptico alemán Joseph Fraunhoffer hizo por primera vez rejillas de difracción con un motor de regla. Las rejillas de difracción se convirtieron y siguen siendo, las principales componentes del equipo para analizar espectralmente radiación óptica.

FIGURA 1.24| CONSERVACIÓN DE IMÁGENES
TRANSMITANCIA

La conservación de la imagen en la transmisión a través de una hoja de vidrio. Aunque un lápiz de rayos se compensa en una cantidad que depende del grosor del material, el lápiz transmitido emerge en la misma dirección que el lápiz incidente de rayos.

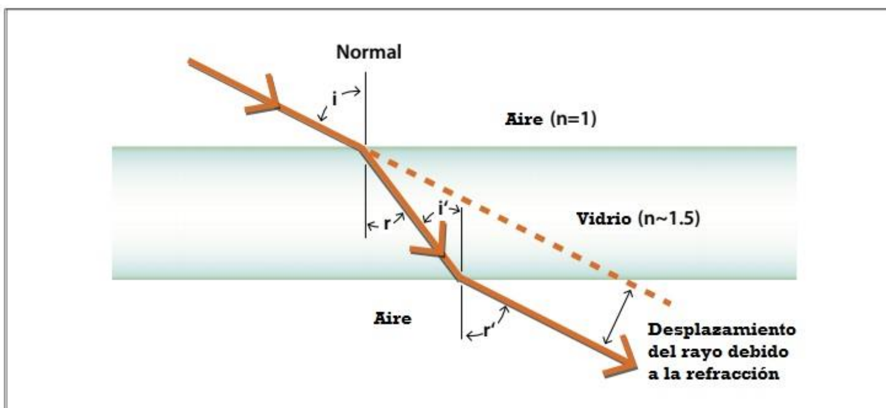
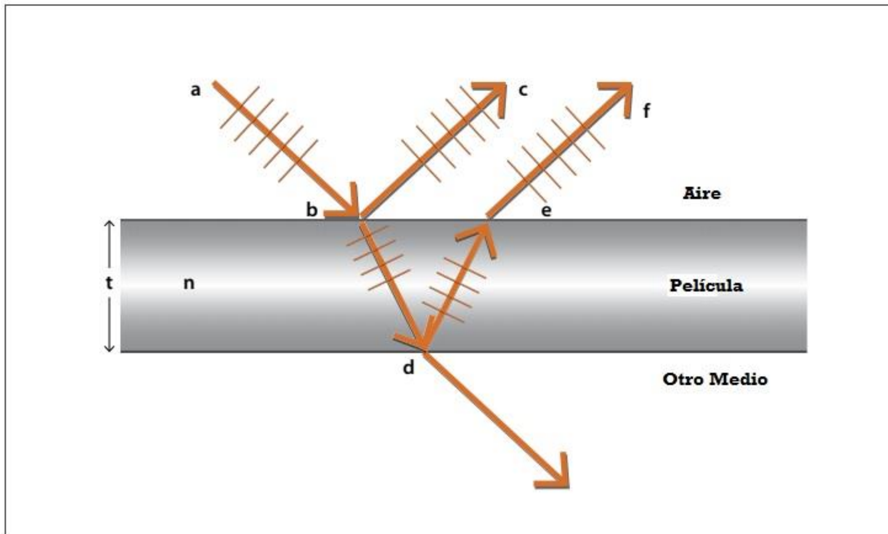


FIGURA 1.25 | INTERFERENCIA

La interferencia producida por una de una capa sucesiva de películas delgadas. Si el espesor de la la película es correcta, la radiación óptica que emerge desde la superficie superior (refleja o emerge por múltiples rutas internas) de forma constructiva o interfiere destructivamente, aumentando o reduciendo la cantidad de radiación emergente. Esta interferencia depende de la longitud de onda y así depende del camino recorrido en el material.

Por lo tanto, existe una interacción entre la longitud de onda y el ángulo reflejado, y la radiación de longitudes de onda particulares se reflejan más fuertemente en ciertos ángulos. Por eso coloreando pueden aparecer bandas en materiales recubiertos con estas películas, al igual que con algunos reflectores utilizados en luminarias. Esto se llama iridiscencia.



1.5.2.1 REFLECTORES

Se utilizan superficies de metal liso pulido y vidrio liso aluminizado o plateado o plástico en luminarias para controlar la cantidad y dirección de la salida luminosa. El metal se puede hilar o conformar en las formas deseadas, con el acabado superficial requerido que se conserva durante estos procesos o alteraciones por post-procesamiento.

Los reflectores extendidos son superficies ligeramente texturizadas o martilladas que reflejan haces individuales en ángulos ligeramente diferentes, pero todos en la misma dirección general. Estos se utilizan para suavizar las irregularidades haz y donde se desea un control moderado o una dispersión mínima del haz. Las lámparas reflectoras usan la reflexión de la primera superficie cuando el interior de la bombilla está recubierto con un metal delgado que refleja como la superficie de un espejo.

Los reflectores internos totales se utilizan en tuberías de luz, iluminación de bordes y transmisión de luz a través de varillas, tubos y placas.

1.5.2.2 LENTES

Las lentes ópticas son muy a menudo circulares, axialmente simétricas y tienen superficies que son secciones de esferas o casi esferas y están hechos de un material que tiene una densidad óptica mayor que el aire.

El cambio en la densidad óptica en su superficie curva produce refracción que puede enfocar la radiación óptica desde un campo amplio a un punto si las superficies son convexas, o dispersar la radiación si las superficies son cóncavas. Una forma típica de caracterizar una lente convexa simple es determinar la distancia a la que lleva la luz a un foco si la luz se origina desde una distancia muy grande; es decir, la luz incidente está colimada. Para una lente delgada, la distancia entre el centro de la lente y este punto es la distancia focal, f´. El poder de enfoque de una lente se define como el recíproco de esta distancia expresada en metros. Esta unidad de poder de enfoque es la dioptría, D,
definida por:

$$D = \frac{1}{f'} \tag{1.12}$$

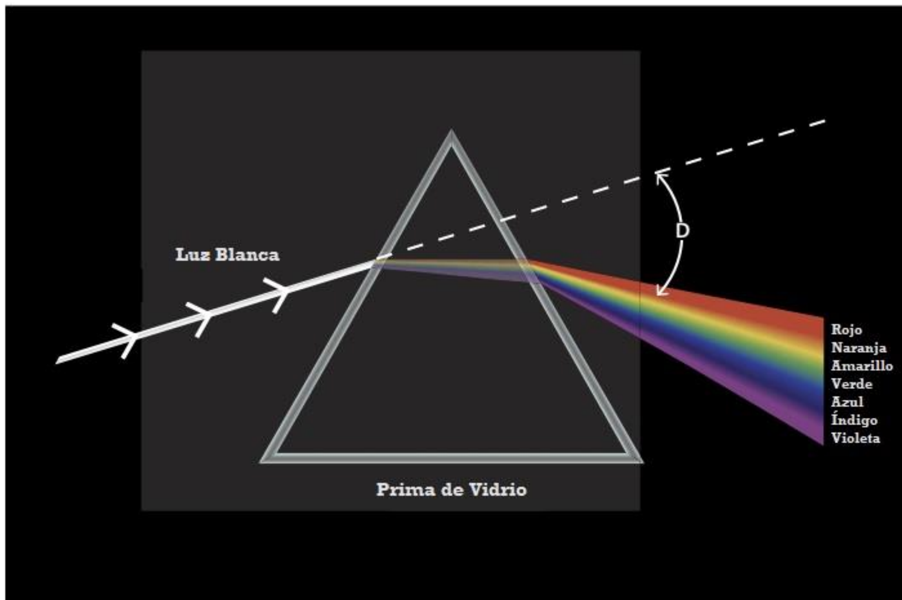
Dónde:

f’= largo focal en metros

A las lentes cóncavas se les asigna un poder de enfoque negativo, ya que la radiación divergente parece provenir de un punto detrás de la lente.

Una sola lente simple no puede producir una imagen perfecta con radiación heterocromática. La refracción depende de la longitud de onda y esto significa que una sola lente simple tiene un f' diferente para diferentes longitudes de onda. Una imagen compuesta de tal radiación es borrosa. Esto es aberración cromática.

FIGURA 1.26 | DISPERSIÓN
Dispersión de radiación óptica a través de un prisma. Esta acción es no lineal, ya que el índice de refracción de las gafas no cambia linealmente con la longitud de onda. Aunque puede ser medido con precisión, por lo que se puede realizar un análisis espectral preciso con prismas.



El poder de enfoque de una lente determina el ángulo máximo a través del cual la luz incidente se dobla, por lo que si los rayos incidentes no están colimados sino que son divergentes, la flexión que experimentan no puede ser suficiente para que converjan en f´; en cambio, convergen en un punto más detrás de la lente. Así, a medida que un objeto se acerca a una lente, su imagen se aleja hacia fuera. Si d_1 es la distancia del objeto frente a la lente y d_2 la distancia del foco resultante detrás de la lente, luego para lentes que no son muy gruesas y que están rodeadas por aire con un índice de refracción de 1, la relación entre estas distancias tiene esta ecuación:

$$D = \frac{1}{f'} \equiv \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_1} \qquad (1.13)$$

Una ecuación similar expresa el poder de enfoque total de dos lentes que no son muy gruesas o lejanas:

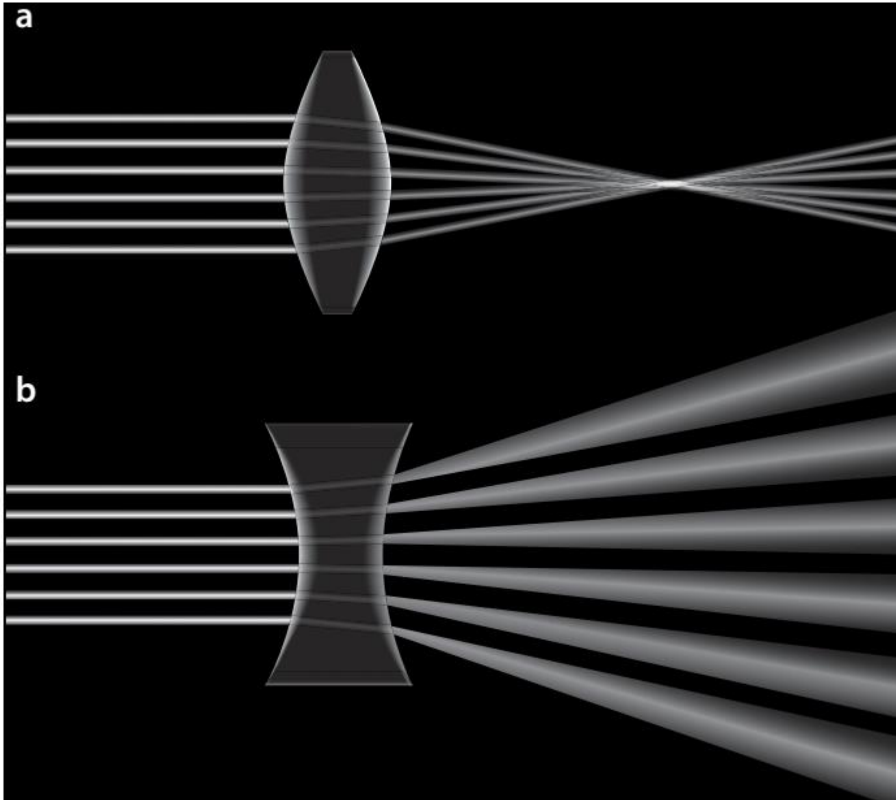
$$D = \frac{1}{f'} \equiv \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} \qquad (1.14)$$

Donde f'_1 y f'_2 son los poderes de enfoque de la primera y segunda lente. Esto es cierto si f' es positiva o negativa. De esto queda claro que podemos sumar y restar potencias de enfoque expresadas en dioptrías:

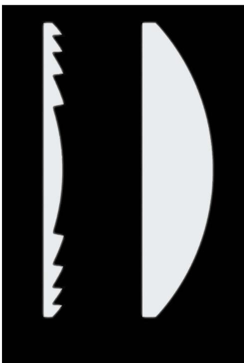
$$D_t = D_1 + D_2 \qquad (1.15)$$

Las lentes se utilizan para formar haces convergentes e imágenes reales invertidas o haces divergentes e imágenes virtuales invertidas como en la Figura 1.27.

FIGURA 1.27 | LENTES
Lentes convergentes (convexas) y divergentes (cóncavas). La óptica de control de luz refractiva hace uso de estas lentes, o secciones de estas lentes, para producir la mayoría de los efectos de control donde se utiliza la refracción en las luminarias.



El peso y costo del vidrio en lentes grandes usados en equipo de iluminación puede ser reducido haciendo pasos cilíndricos en la superficie plana. La superficie hueca y escalonada reduce la cantidad total de vidrio utilizado en la lente. En un método desarrollado por Fresnel la cara curva de la lente escalonada se convierte en anillos curvos y la parte posterior es plana. Ambas lentes escalonadas y Fresnel reducen el grosor de la lente y la acción óptica es aproximadamente la misma. Aunque los prismas exteriores son un poco más eficientes, es probable que recojan más polvo y, por lo tanto, a menudo se forman caras prismáticas en el interior. Figura 1.28 muestra la sección transversal de una lente fresnel circular.



1.5.2.3 PRISMAS

Los prismas son cuñas de material transparente en las que el grado de flexión de la radiación óptica en cada superficie es una función de los índices de refracción de los medios y el ángulo del prisma, el ángulo entre las caras del prisma incidente y exitante. La radiación óptica puede ser dirigida con precisión dentro de ciertos ángulos al tener el ángulo adecuado entre las caras del prisma. Los prismas de refracción se utilizan en dispositivos tales como lentes de focos y lámparas de inundación y luminarias de refracción. En el diseño de equipos de refracción, las mismas consideraciones generales de la distribución adecuada del flujo son válidas para el diseño de reflectores. Siguiendo la ley de Snell de refracción, los ángulos del prisma se pueden calcular para proporcionar la desviación adecuada de los rayos de la fuente. Para la mayoría de los materiales transparentes disponibles en el mercado, como vidrio y plástico, el índice de refracción se encuentra entre 1,4 y 1,6.

A menudo, mediante la colocación adecuada de los prismas, es posible limitar la estructura prismática a una superficie del refractor, dejando la otra superficie lisa para facilitar el mantenimiento. El número y los tamaños de los prismas se rigen por varias consideraciones. Entre ellos están la facilidad de fabricación y mantenimiento conveniente de los equipos de iluminación en servicio. El uso de una gran cantidad de prismas pequeños puede magnificar el efecto del redondeo de prismas que ocurre en la fabricación; por otro lado, los prismas pequeños producen una mayor precisión en el control de la luz.

Las superficies acanaladas y prismadas se pueden diseñar para difundir los rayos en un plano o dispersarlos en todas direcciones. Tales superficies se utilizan en lentes, elementos luminosos, bloques de vidrio, ventanas y tragaluces. Los prismas reflectores reflejan la radiación óptica internamente, como se muestra en la Figura 1.29, y se utilizan en luminarias y marcadores retrodirectivos. Su calidad de desempeño depende de la planitud de las superficies reflectantes, la precisión de los ángulos del prisma, la eliminación de suciedad en contacto óptico con la superficie, y eliminación (en la fabricación) de errores prismáticos.

Algunas luminarias usan conjuntos de prismas idénticos en una hoja plana, llamados prismas lenticulares , para el control de la luz y para reducir u ocultar la luminancia alta de las lámparas.

FIGURA 1.29 | REFLEXIÓN INTERNA TOTAL

Reflexión interna total en un prisma utilizado para producir retrorreflexión.

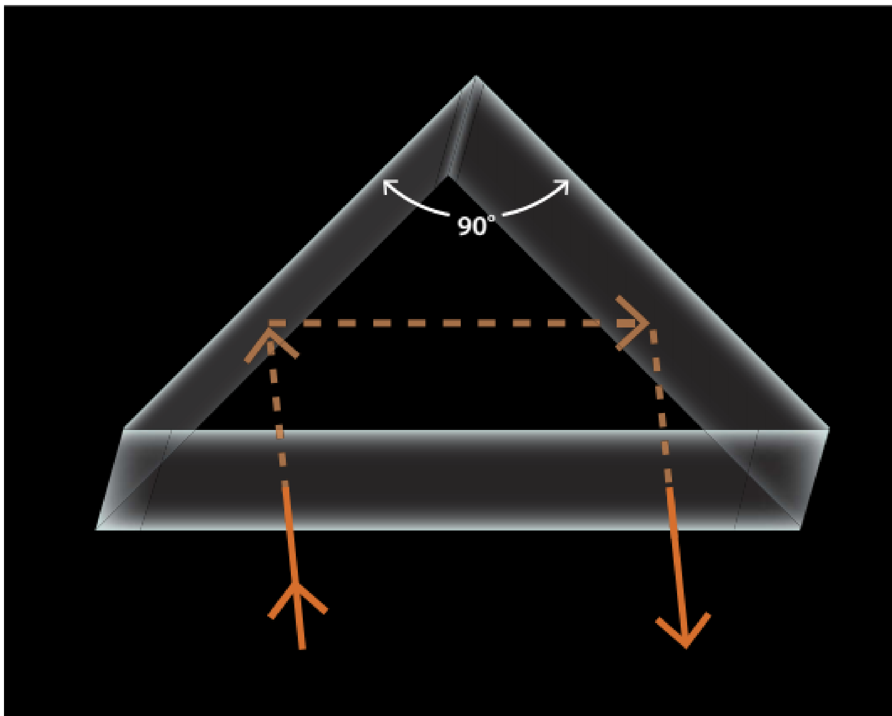
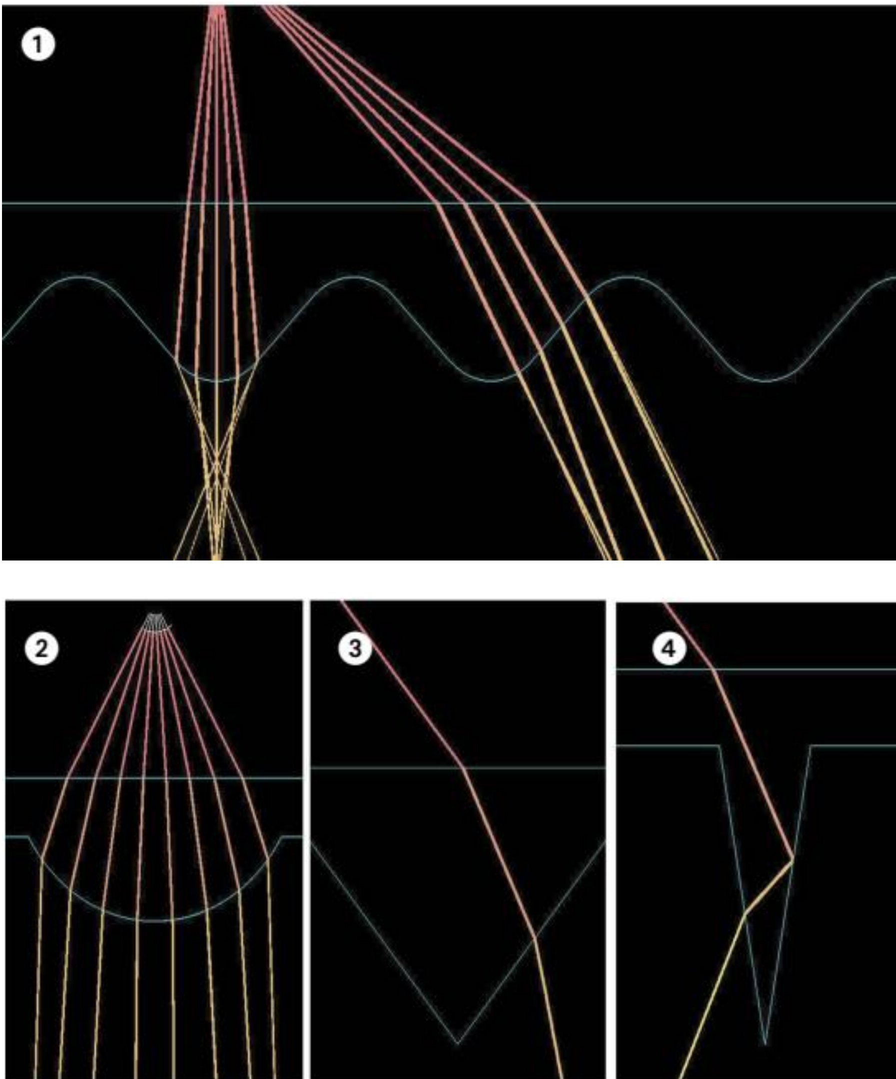
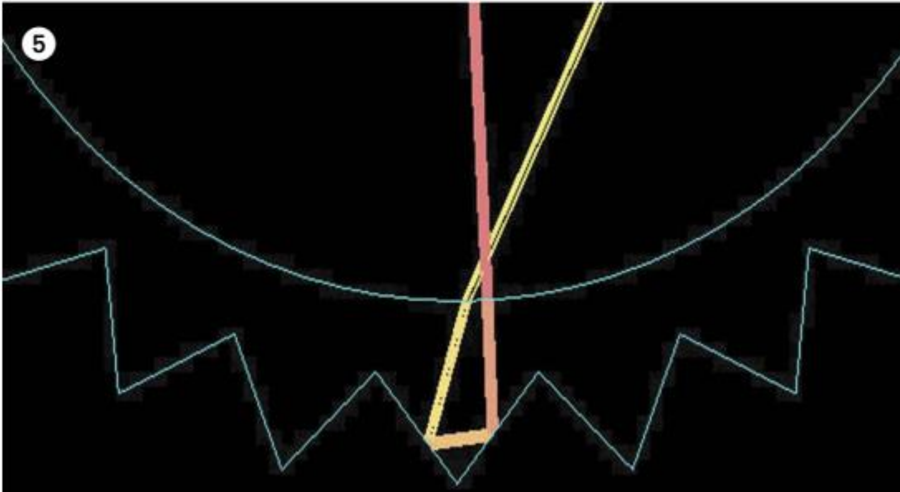


FIGURA 1.30 | PRISMAS EN CONTROL DE LUZ

1 Los prismas lineales que corren perpendiculares al plano de la figura están diseñados para limitar el flujo del ángulo alto que emerge del material primático.
2 Uno de una serie de prismas abovedados que forman un conjunto lenticular, dispuestos sobre un campo de LEDs para estrechar su distribución colectiva.
3 Un campo de prismas piramidales en una lente lenticular en una luminaria fluorescente, diseñada para limitar el flujo de ángulo alto.
4 Un prisma lineal angosto que se usa para reflejar y controlar.
5 Prismas lineales en el exterior del elemento óptico usando reflexión interna total para generar una superficie reflectora prismática.
» Imágenes © LTI Óptica.





1.5.2.4 DIFUSORES

USANDO LA REFLEXIÓN

Los reflectores difusos son producidos por pinturas planas y otros acabados mate y materiales que reflejan en la mayoría de las direcciones y exhiben poco control direccional. Estos se utilizan donde se desea una amplia distribución de la radiación óptica.

USO DE LA TRANSMISIÓN

Los materiales de transmisión extendidos ofrecen una amplia gama de control óptico. Se utilizan para control de brillo, como en bombillas de lámpara esmeriladas, en elementos luminosos donde se desean acentos de brillo y destellos, y en luminarias globos envolventes de brillo moderadamente uniforme.

USO DE LA HOLOGRAFÍA

El difusor kinoform se inventó en 1971 y es un holograma de relieve superficial de fase-única, superficie- holograma de relieve de un difusor convencional [23]. Aunque muy eficiente, sufría dispersión cromática y transmitió una porción considerable del haz de orden cero, haciendo visible la fuente de luz a traves de él. Desarrollos recientes [24] han producido una clase de difusores de kinoform con distribuciones de haz deseables que permiten dar forma a la luz personalizada. Los difusores transmiten hasta un 95%, no tienen dispersión cromática y eliminan por completo el haz de orden cero.

Sus distribuciones se pueden variar de forma controlable desde gaussiana hasta uniforme y forma de ala de murciélago, y también se puede desplazar fuera del eje.

FIGURA 1.31 | REFLECTOR DE ALUMINIO HILADO

Un reflector metálico hilado. La forma general se determina asumiendo una relativamente fuente de luz pequeña, como el filamento de una lámpara de incandescencia, que irradia de manera casi uniforme y que la distribución deseada es un haz angosto. Esto da una forma cercana a un paraboloide de revolución. La superficie interior está rematada con pequeñas crestas concéntricas que reparten el flujo reflejado a través de un pequeño ángulo. Esto suaviza el patrón del haz y ayuda a eliminar las estrías y otros patrones no deseados en el haz.

» Imagen ©B&H Photo, Inc.



FIGURA 1.32 | REFLECTOR ESPECULAR DE ALUMINIO EXTRUIDO
El diseño para una fuente lineal, axialmente simétrica, como una lámpara fluorescente lineal, está extruido el reflector especular que combina una sección de una parábola para producir un haz casi colimado en el plano perpendicular al eje de la lámpara. También contiene una sección de una elipse que tiene uno de sus focos en la lámpara y el otro en la distribución.
» Imagen ©Elliptipar, Inc.



FIGURA 1.33 | REFLEXIÓN INTERNA TOTAL
Esta óptica de luminaria de bahía alta controla el flujo de un tubo de arco HID por reflexión interna total.
Los prismas lineales corren verticalmente en el exterior del reflector acrílico y tienen ángulos tales que gran parte del flujo incidente se refleja totalmente internamente. Algo de luz pasa a través de algunos de los ángulos incidentes debido al inevitable redondeo de los picos y valles del prisma.
» Imagen © Acuity Brands, Inc.



FIGURA 1.34 | REFRACTOR PRISMÁTICO LENTICULAR
La ocultación de la lámpara y el control de la distribución se producen mediante una serie de prismas negativos y rectangulares en el interior de este refractor prismático lenticular.
» Imagen © Acuity Brands, Inc.



1.5.2.5 PELÍCULAS DELGADAS

Los recubrimientos de interferencia óptica se han utilizado durante muchos años en cámaras, proyectores y otros instrumentos ópticos y pueden reducir la reflexión de las superficies transmisoras, separar el calor de la radiación óptica, transmitir o reflejar la radiación óptica según el color, aumentar los reflejos de los reflectores o realizar otras funciones de control de la radiación óptica.
Los ejemplos naturales de interferencia son las pompas de jabón y las manchas de aceite. Además, muchos pájaros, insectos y peces obtienen sus colores iridiscentes de las películas de interferencia. La aplicación de recubrimientos de interferencia puede aumentar significativamente la reflectancia de los reflectores y la transmitancia de las carcasas de vidrio o plástico de las luminarias.

1.5.3 EJEMPLOS DE CONTROL DE LUCES
REFLEXIÓN

La figura 1.31 muestra cómo un reflector especular, hilado de aluminio revestido, redirige la radiación de una lámpara halógena de tungsteno para producir una luminaria downlight (Luz hacia abajo) de distribución estrecha. La figura 1.32 muestra cómo un reflector especular extruido redirige la radiación de una lámpara fluorescente para producir una luminaria wallwash (Bañado de pared) de haz estrecho y muy asimétrica.

La figura 1.33 muestra cómo la reflexión interna total dentro de un refractor de prisma acanalado o lineal actúa como un reflector especular utilizando la reflexión interna total para redirigir la radiación de una lámpara de halogenuros metálicos para producir una distribución muy amplia para una luminaria industrial de gran altura.

TRANSMISIÓN Y REFRACCIÓN

La figura 1.34 muestra cómo un refractor prismático lenticular actúa como un difusor en una luminaria fluorescente Troffer . La reflexión interna total también se usa para restringir la radiación óptica a viajar por un elemento de fibra óptica.

1.6 REFERENCIAS

[1] Huygens C. 1690. Traité de la Lumière. Leiden.

[2] Huygens C. 1962. Thompson SP, translator.Treatise on light. New York. Dover

[3] Newton. 1717. Opticks. 2nd edition. London.

[4] Euler. 1746. Nova theoria lucis et colorum.

[5] Hakfoort C. 1995. Optics in the age of Euler. Cambridge.

[5] Young T. 1845. A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts. London. Taylor and Walton.

[6] Fresnel AJ. 1819. Mémoire sur la diffraction de la lumière. Annales de Chimie et de Physique. 10:288.

[7] Maxwell, CJ. 1954. A treatise on electricity and magnetism.3rd ed. NewYork. Dover Publications.

[8] Einstein A. 1905. Über einen die erzeugung und verwandlung des lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Annalen der Physik 17:132–148.

[9] Arons AB, Peppard MB. Einstein's proposal of the photon concept – a translation of the Annalen de Physik paper of 1905. Am J Physics. 33(5):367-374.

[10] Born M, Wolf E. 1970. Principles of optics. 4th edition. Pergamon. 808 p.

[11] Shurcliff WA, Ballard SS. 1962. Polarized light. Harvard. 144 p.

[12] Richtmyer FK, Kennard EH, Cooper JN. 1969. Introduction to modern physics. 6th ed. New York: Mc-Graw-Hill.

[13] Elenbaas W. 1972. Light sources. New York. Crane, Russak & Co.

[14] Waymouth JF. 1971. Electric discharge lamps. MIT. 353 p.

[15] Kirchhoff G. 1860. Annalen der Physik. 109:275.

[16] Lummer O, Pringsheim E. 1898. Der electrisch geglühte 'absolut schwarze' körper und seine temperaturmessung. Annalen der Physik 17:106–111.

[17] Hoffman D. 2001. On the experimental context of Planck's foundation of quantum theory. Centaurus. 43(3):240-259.

[18] Ivey HF. 1963. Electroluminescence and related effects. NewYork. Academic Press.

[19] Schubert EF. 2006. Light Emitting Diodes. 2nd edition. Cambridge. 313 p.

[20] Liu M, Rong B, Salemink HWM. 2007. Evaluation of LED application in general lighting. Opt Eng. 46(7):1-7

[21] Huh C, Schaff WJ, Eastman L. 2004. Temperature dependence of performance in InGaN/GaN MQW LEDs with different indium compositions. IEEE Elct Dev Letters. 25(2):61-63.

[22] Nicolau VdeP, Maluf FP. 2001. Determination of radiative properties of commercial glass. In: PLEA 2001. 18th Conference on passive and low energy architecture. Brazil.

[23] Caulfield HJ. 1971. Kinoform diffusers. In: Developments in Holography II, SPIE Proceedings Vol. 25.

[24] Santoro S, Crenshaw M, Ashdown I. 2002. Kinoform diffusers. J Illum Eng Soc.

[25] ASTM International. 2003. ASTM G173-03e1 Standard tables for reference solar spectrum irradiances. West Conshohocken, PA: ASTM. 20 p.

2/ VISIÓN: OJO Y CEREBRO

El ojo es la ventana al mundo.

Lael Werntenbaker, autor del siglo XX.

Contenido

El más complejo de los sentidos, la visión es quizás el mecanismo más importante que tenemos para aprehender el mundo. La visión resulta de la interacción del ojo y el cerebro, y de la visión vienen las percepciones, y de las percepciones construimos nuestros mundos individuales, siempre en gran medida afectados por el entorno luminoso. La comprensión de este proceso guía el diseño de ese entorno, y considerar el ojo y el cerebro como una unidad es la mejor manera de comprender la maquinaria biológica que proporciona la visión [1].

El ojo contiene componentes que trabajan juntos para producir una imagen del mundo exterior, en una capa de células fotorreceptoras en la retina en la parte posterior del ojo. Esta capa codifica información sobre esta imagen como señales neutras que se conducen al centro del cerebro, combinadas con señales similares del otro ojo, procesadas aún más, y el resultado conducido al área en la parte posterior del cerebro que es principalmente responsable del procesamiento visual. En el camino, se generan señales para mover los ojos para seguir objetivos visuales y para cambiar la forma de la lente del ojo para enfocar el objetivo visual con nitidez.

La combinación de mecanismos mecánicos, químicos y neurales cambia la sensibilidad del sistema para que pueda operar en niveles de luz que van desde la tenue luz de la luna hasta la luz del sol del mediodía.
Los complejos circuitos neuronales son responsables, en parte, de la detección de movimiento, la visión del color y reconocimiento de patrones. La figura 2.1 muestra la estructura anatómica del sistema ojo-cerebro

2.1 ANATOMÍA OCULAR Y FUNCIÓN

Esta sección describe los componentes del ojo, dando su estructura y sus diversas funciones mecánicas, ópticas y de operación neural. La Figura 2.2 muestra la estructura general del ojo.

FIGURA 2.1 | EL OJO Y LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CEREBRO QUE COMPRENDE EL SISTEMA VISUAL

La estructura general del sistema visual son una serie de capas que reciben, procesan y transmiten información visual. Estas capas están conectadas por vías neurales que transmiten información visual de una capa a la siguiente.
Las capas principales son la retina, situada en el ojo, el cuerpo geniculado lateral, ubicado en el centro del cerebro, y la corteza visual primaria, ubicada en la parte posterior del cerebro.
Aunque la información visual se transmite por la corteza visual a las partes "superiores" del cerebro, la corteza suele considerarse la última etapa del sistema visual propiamente dicho.
» Imagen ©David H. Hubel

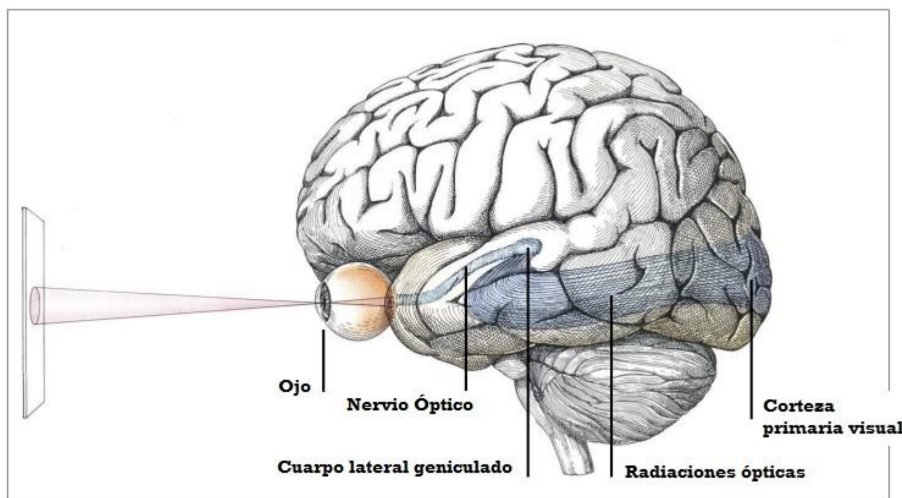
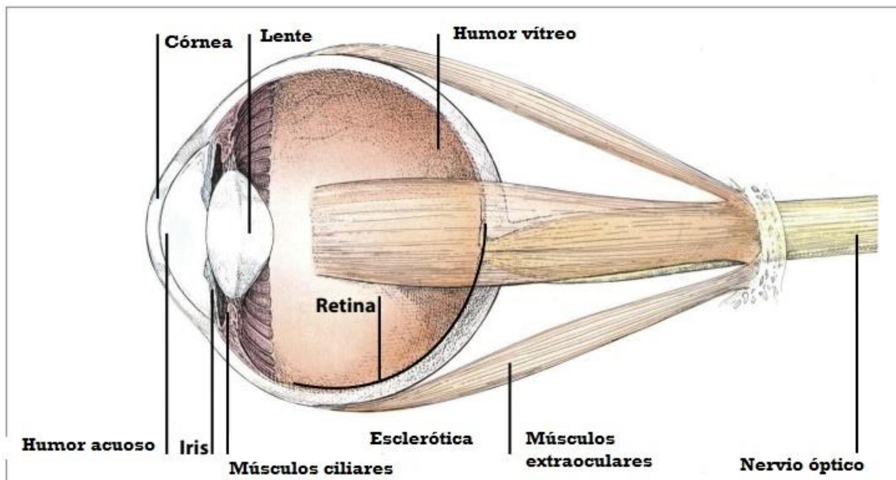


FIGURA 2.2 | FORMA Y ESTRUCTURA DEL OJO

Gran parte del ojo funciona puramente como una máquina óptica, con el propósito de mantener una imagen enfocada del mundo en la retina, en la parte posterior del ojo.

» ©David H. Hubel



2.1.1 ESTRUCTURA

La anatomía del ojo describe los componentes que hacen lo siguiente: proporcionan y mantienen su forma, comprenden los elementos ópticos que forman una imagen, controlan la cantidad de radiación admitida en el ojo, codifican la imagen y proporcionan los movimientos necesarios para rastrear la imagen.

2.1.1.1 TÚNICAS

La esclerótica es la capa exterior del ojo relativamente gruesa, opaca, blanca y resistente. Llena de vasos sanguíneos, la esclerótica es visible desde el frente y es lo que llamamos el "blanco del ojo".
La coroides es una capa delgada y oscura justo dentro de la esclerótica. Cubre la mayor parte de la parte posterior de el ojo y lleva vasos sanguíneos al interior del ojo. Es la capa más interna de células, el epitelio pigmentario, tiene una reflectancia muy baja y por lo tanto absorbe la luz que de otro modo habría una dispersión dentro del ojo.

2.1.1.2 CÓRNEA

La córnea es la extensión delgada y clara de la esclerótica en la parte frontal del ojo. A diferencia de la esclerótica, la córnea no contiene vasos sanguíneos pero está ricamente dotada de receptores del dolor para ayudar a proteger el ojo. Su forma amontonada proporciona una fuerte curvatura que produce más de 2/3 del poder de enfoque del ojo. Las glándulas lagrimales producen constantemente lágrimas que la lavan parpadeando sobre el frente de la córnea. La córnea requiere esta hidratación constante; el líquido también suaviza su superficie frontal para que sea una mejor interfaz óptica.

2.1.1.3 IRIS Y PUPILA

El iris y la pupila son el anillo de tejido y su abertura central redonda que controla la cantidad de radiación que ingresa al ojo. El iris proporciona lo que llamamos "el color del ojo".
El iris se expande y contrae, haciendo que la pupila sea cada vez más pequeña, en respuesta a al brillo y el tamaño de los objetos en el campo de visión del ojo. En general, cuanto más brillante sea el campo visual, más pequeña es la pupila.

2.1.1.4 CRISTALINO Y MÚSCULOS CILIARES

El cristalino es una estructura convexa doble de múltiples capas justo detrás del iris. es casi transparente y en los jóvenes, muy elástico. En su estado relajado, la superficie frontal de la lente sobresale, aumentando su curvatura y poder de refracción. En este estado puede proporcionar Hasta 25 dioptrías de potencia de enfoque. Las

capas de tejido que recubren el cristalino separan la parte frontal de la parte posterior del ojo y se mantienen en su lugar y se tensan mediante las fibras de la zónula. Éstos tiran del tejido envolvente y aplanan el cristalino, y en este aplanado indica que proporciona aproximadamente 10 dioptrías de potencia de enfoque. Un anillo de músculo, el ciliar, rodea el cristalino y se opone a la tensión de las fibras de la zónula. El enfoque correcto se produce cuando el músculo ciliar se contrae o se relaja, lo que afloja o tensa la carcasa del cristalino, lo que permite que la lente se abulte o se aplaste.

2.1.1.5 HUMORES

Los humores acuoso y vítreo son los líquidos en las cámaras anterior y posterior del ojo.
El acuoso es muy claro y acuoso, el vítreo es gelatinoso y algo menos claro. El acuoso se genera y absorbe continuamente y la cantidad en la cámara frontal en cualquier momento determina la presión que ambos fluidos ejercen sobre las estructuras del ojo.

2.1.1.6 RETINA

La retina marca el final de la vía óptica y el comienzo de la vía visual del sistema visual. Por su estructura, función y complejidad, la retina se considera, anatómicamente, una parte del cerebro alojada en el ojo. La retina recubre la mayor parte de la parte trasera y cámara del ojo y está altamente estructurada en capas que contienen tres tipos generales de Células: fotorreceptores (bastones y conos) que absorben la radiación óptica y producen señales de energía eléctrica; las células horizontales, amacrinas y bipolares que realizan funciones de procesamiento de señales; y células ganglionares que forman el nervio óptico y conducen estas señales al cerebro. Un poco ahora se sabe que estas células ganglionares son intrínsecamente fotosensibles, recibiendo las señales de los fotorreceptores de bastón o cono, y son parte del sistema neuroendocrino del cuerpo.
Estas capas están intercaladas entre la coroides y el humor vítreo por vasos sanguíneos, estas células de soporte están adyacentes a la capa más interna de la retina. La Figura 2.3 es una sección transversal periférica de la retina. De la capa más externa a la más interna, estas células son: fotorreceptores (bastones y conos), células horizontales, células amacrinas, células bipolares, células ganglionares.

En el punto de la retina correspondiente al centro del campo visual de visión, la retina se adelgaza y solo están presentes los fotorreceptores de cono. Esta área es la fóvea y exhibe el empaquetamiento más denso de fotorreceptores y, por lo tanto, la visión más aguda. Esta área y su entorno inmediato están cubiertos por la mácula lútea que actúa como un filtro amarillo, absorbiendo radiación óptica de longitud de onda corta.

2.1.2 MÚSCULOS Y MOVIMIENTO OCULAR

Los componentes oculomotores del ojo consisten en tres pares de músculos (Figura 2.2). Estos músculos colocan las líneas de visión de los dos ojos para que ambos apunten hacia el mismo objeto de consideración. La línea de visión del ojo pasa a través de la parte de la retina que se usa para discriminar detalles finos, la fóvea. Si la imagen de un objetivo no cae sobre la fóvea, la-

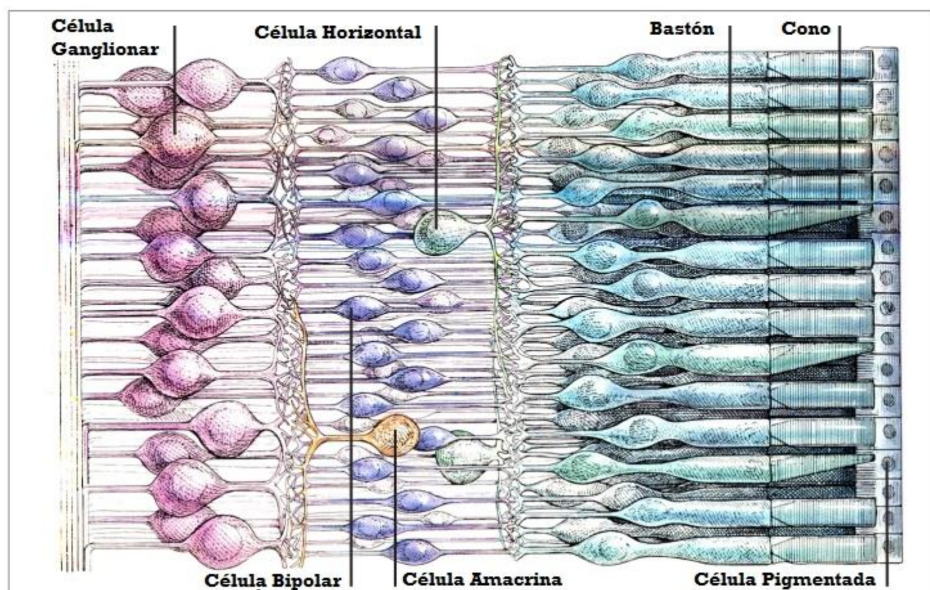


FIGURA 2.3 | SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA RETINA
La sección transversal de la retina que muestra las capas y células principales. La parte posterior del ojo está en la derecha. La radiación óptica se mueve desde la izquierda a la derecha en este diagrama. Los vasos sanguíneos (no mostrados) estarían a la izquierda de las células ganglionares en este diagrama; esto es enfrente de todas las capas retinales.
» Imagen ©David H. Hubel

la resolución de los detalles del objetivo. Además, si las fóveas de ambos ojos no están dirigidas al mismo objetivo, el objetivo puede verse como doble (diplopía). Hay cuatro tipos principales de movimientos oculares: movimientos sacádicos, de persecución, de vergencia y de versión.

2.1.2.1 SACÁDICOS
Los movimientos sacádicos son movimientos oculares monoculares de alta velocidad, generalmente generados para mover la línea de la vista de un objetivo a otro. Las velocidades pueden variar hasta 1000 grados por segundo, dependiendo de la distancia recorrida. Los movimientos oculares sacádicos tienen una latencia de 150 a 200 ms, que limita la frecuencia con la que se puede mover la línea de visión en un período de tiempo determinado; aproximadamente cinco movimientos por segundo es el máximo. Las funciones visuales están sustancialmente limitadas durante los movimientos sacádicos. Los movimientos oculares durante la lectura caracterizan una serie de fijaciones alternas y sacádicas, a lo largo de una fila de impresión.

2.1.2.2 PERSECUCIÓN O RASTREO
La persecución o seguimiento es un movimiento ocular monocular suave que se usa para seguir un objetivo que se mueve suavemente después de que se ha usado un movimiento sacádico para traer la imagen retiniana del objetivo al objetivo, fóvea. El sistema de persecución no puede seguir objetivos que se mueven suavemente a altas velocidades, ni puede seguir objetivos que se mueven lento pero erráticamente. Si el ojo no puede seguir el objetivo, la resolución de los detalles del objetivo disminuye porque la imagen retiniana del objetivo ya no está en la fóvea.
Para realizar movimientos de alcance, persecución binocular y salto, a los que se denomina movimientos de versión cuando involucran objetos en un plano frontal. Para estos movimientos, los dos ojos hacen movimientos iguales en la misma dirección, por lo que no hay cambio en su ángulo de convergencia.

2.1.2.3 MOVIMIENTOS DE VERGENCIA

La vergencia es el movimiento binocular disyuntivo de los dos ojos que mantienen las líneas primarias de la vista convergidas en un objetivo o que puede usarse para cambiar la fijación de un objetivo en una distancia a un nuevo objetivo a una distancia diferente. Los dos ojos giran en direcciones opuestas.
Estos movimientos pueden ocurrir como un movimiento de salto o pueden seguir suavemente a un objetivo en movimiento en una dirección de adelante hacia atrás. Ambos tipos de movimiento producen un cambio en el ángulo entre los ojos. Cuando las líneas primarias de visión se separan y los ojos no logran converger en el punto de fijación deseado, los movimientos de vergencia juegan un papel importante en la reconvergencia del ojo.

2.1.2.4 MOVIMIENTOS DE VERSIÓN

La versión es el movimiento binocular conjuntivo de los dos ojos que mantienen las líneas primarias de la vista convergidas en un objetivo. Los dos ojos giran en la misma dirección.

2.1.3 FOTORRECEPTORES, CAPAS NEURONALES Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES

Los fotorreceptores de la retina, las células a las que transmiten señales y sus interconexiones forman un mecanismo de generación y procesamiento de señales en capas que inicia la visión.

2.1.3.1 FOTORRECEPTORES

Considerados anatómicamente, existen dos tipos de fotorreceptores, denominados según su forma:
conos y bastones. Cada ojo contiene aproximadamente 140 millones de fotorreceptores; 100 millones de bastones y 40 millones de conos. Las células fotorreceptoras convierten la radiación óptica en señales neuronales.
Albergan discos en forma de panqueque que contienen moléculas de fotopigmento que absorben radiación e isomerización (cambio de una molécula en otra pero con los mismos átomos) ; es decir, cambiar de forma. Este cambio desencadena un proceso que libera un químico transmisor neutral desde el pie de la celda. Cuanta más radiación se absorbe, más se libera de este transmisor.

El fotopigmento contenido en un fotorreceptor absorbe la radiación óptica y provoca la isomerización de la molécula que, a su vez, contribuye a la generación de una señal visual.
La isomerización desvanece el color celular rosa o morado (en el caso del fotopigmento bastón), y así el proceso ha llegado a llamarse blanqueo. Mientras que una molécula de fotopigmento es blanqueada, no puede absorber la radiación. El blanqueo es un proceso reversible y con el paso del tiempo, más rápidamente para los bastones que para los conos, la molécula asume su forma anterior y está lista para absorber la radiación y participar nuevamente en los procesos de generación de una señal visual.

A medida que un fotorreceptor se inunda con más y más radiación, más y más de su fotopigmento se blanquea, dejando cada vez menos para isomerizar. Más incrementos en el incidente la radiación es capaz de blanquear cada vez menos pigmento, por lo que el incremento de la señal visual que se pueden generar disminuye. Esto es parte de la respuesta compresiva no lineal que exhiben los fotorreceptores.
Hay cuatro tipos de fotopigmentos: un tipo que se encuentra en todos los fotorreceptores de bastones y tres tipos que se encuentran en los conos. La probabilidad de que estos fotopigmentos absorban la radiación es una función de la longitud de onda. La señal generada por un fotorreceptor depende del blanqueamiento de su fotopigmento y que, a su vez, depende de la cantidad de radiación que llega al fotorreceptor. La córnea, el cristalino y los humores forman el camino óptico a los fotorreceptores y tienen transmitancias espectralmente selectivas que absorben parte de la radiación de longitud de onda corta que entra en el ojo.

La absorción espectralmente selectiva por los fotopigmentos de esta radiación espectralmente modificada define la respuesta espectral general de los fotorreceptores. Los espectros de acción de los tres tipos de conos se representan gráficamente en la figura 2.4. Los tres fotopigmentos que se encuentran en los conos tienen sensibilidades máximas a aproximadamente 575, 525 y 450 nm y se dice que son conos largos, medianos y conos de longitud de onda corta respectivamente.

2.1.3.2 DISTRIBUCIÓN DE FOTORRECEPTORES

La fóvea es un área de la retina donde la densidad de fotorreceptores es mayor y en consecuencia, donde la imagen se evalúa de manera más aguda. En esta región de la retina, los fotorreceptores son más delgados, lo que permite un empaquetamiento muy apretado; la capa de células hacia adentro desde los fotorreceptores se adelgaza significativamente, lo que permite una absorción más segura de la radiación entrante, y los vasos sanguíneos que en otros lugares forman una red que intercepta parte de la radiación están ausentes. La ausencia de vasos sanguíneos y el adelgazamiento de las capas internas producen una depresión circular o fosa —que en latín es fóvea— que tiene los fotorreceptores más expuestos a la radiación entrante.

El punto ciego es ese lugar en la retina donde todos los axones de las células ganglionares se juntan y salen del ojo, por lo que no contiene fotorreceptores. Entre esta densidad mínima y la densidad máxima en la fóvea, los fotorreceptores se distribuyen por toda la retina en una forma no uniforme que se muestra en la Fig. 2.5. La densidad de bastones y conos que se muestra en la figura están a lo largo de una sección horizontal de la retina, desde el lado del oído hasta el lado de la nariz, pasando por el punto ciego y la fóvea.

FIGURA 2.4 | SENSIBILIDADES DE LOS CONOS

Probabilidades de absorber radiación óptica como una función de la longitud de onda para los fotopigmentos en los tres tipos de fotorreceptores de cono. Esto se muestra para S = longitud de onda corta, M = longitud de onda media, L = fotorreceptores de cono de longitud de onda larga.

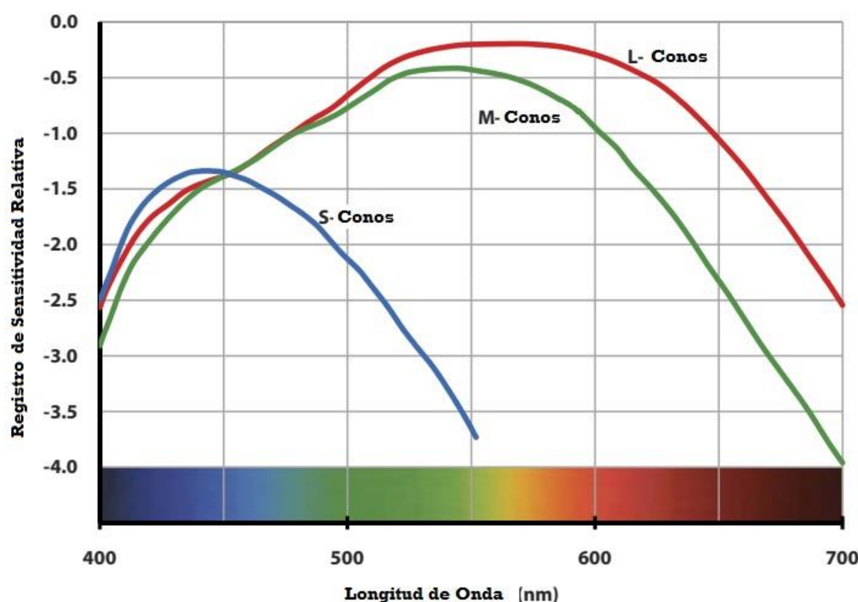
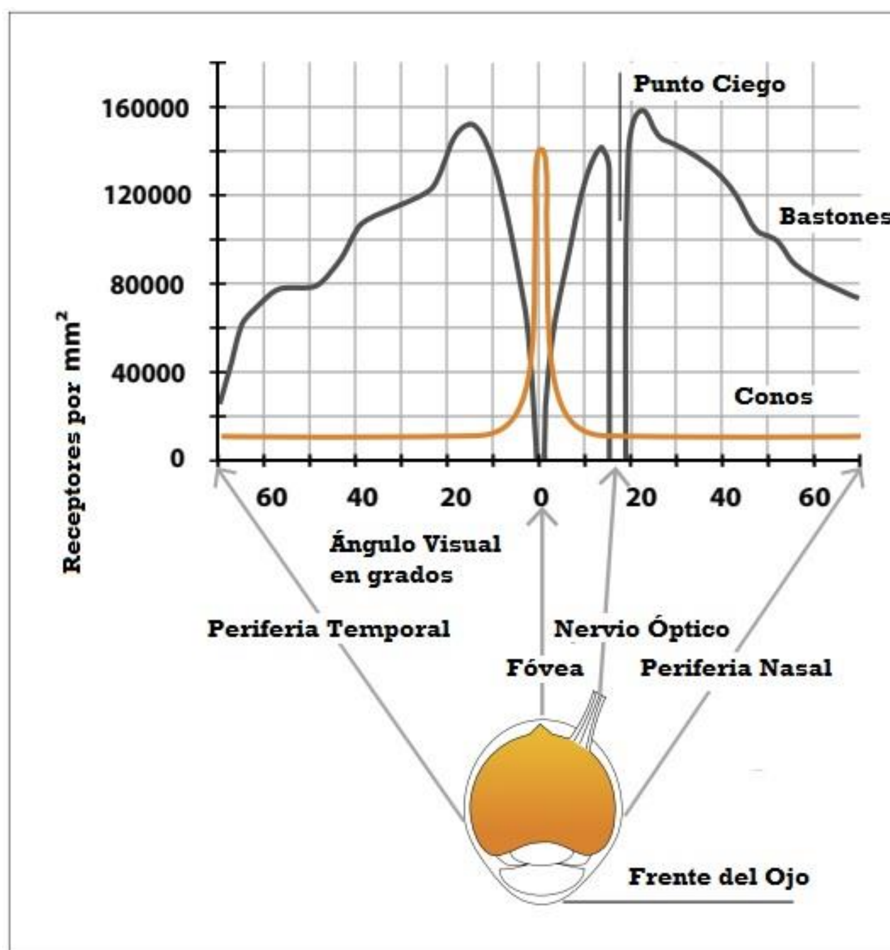


FIGURA 2.5 | DISTRIBUCIÓN DE BASTONES Y CONOS EN LA RETINA HUMANA

Esta es una gráfica de la densidad de fotorreceptores en la retina, a través de una línea horizontal que pasa por el punto ciego. En la fóvea la densidad de los bastones es cero, mientras que la densidad del cono es máxima. Ambas distribuciones son cero en el lugar en la retina donde el nervio óptico sale del ojo.



2.1.3.3 CÉLULAS HORIZONTALES, AMACRINAS Y BIPOLARES

Las células horizontales, amacrinas y bipolares tienen componentes similares a otras células nerviosas del cuerpo. Estos son:

•Cuerpo de la célula. Suele tener forma globular y contiene el núcleo, las mitocondrias y otros orgánulos que mantienen la célula viva y en funcionamiento.

•Dendritas. Fibras ramificadas y ahusadas que salen del cuerpo celular que reciben señales de otras células.

•Axón. La única fibra cilíndrica que transmite señales a otras células.

Estas células recogen y procesan las señales neuronales de los fotorreceptores. Las células bipolares recogen señales de fotorreceptores y células horizontales y transmiten señales a la siguiente capa en la retina, las células ganglionares. Las células horizontales y amacrinas recogen y distribuyen señales a través de fotorreceptores y células bipolares como entrada para las células ganglionares.

2.1.3.4 CÉLULAS GANGLIONARES Y NERVIO ÓPTICO

Una célula ganglionar recibe información de un grupo cercano de células bipolares, horizontales y amacrinas, y conduce una señal resultante en su axón. La señal es establecida por cableado retiniano que asigna grupos altamente estructurados de fotorreceptores a una célula ganglionar. El cableado es tal que algunos fotorreceptores del grupo excitarán la salida de las células ganglionares, mientras que otros fotorreceptores del mismo grupo la inhibirán. En la retina, la agrupación suele ser circular con áreas excitatorias o inhibitorias que muestran un centro circular, disposición envolvente anular. Esta estructura y oposición constituye un campo receptivo. Ver 2.3.4 Campos Receptivos. Los axones de todas las células ganglionares se extienden hasta un punto justo al lado de la nariz del centro de la parte posterior del ojo, donde forman un haz que rodea la arteria principal y la vena del interior del ojo, y salen como el nervio óptico. Hay alrededor de 1,5 millones de células ganglionares en un ojo y así como tantas fibras en el nervio óptico.
La información de las mitades derecha e izquierda del campo visual se mantiene separada. Los dos nervios ópticos se unen en el quiasma óptico, un punto aproximadamente a un tercio del camino de regreso al cerebro.
Desde aquí, una pequeña cantidad de fibras van a las partes del cerebro que controlan el movimiento de los ojos y el tamaño de la pupila.

La mayoría de las fibras continúan, transportando información desde la mitad derecha del campo visual de cada ojo (es decir, de cada nervio óptico) y se unen para formar el tracto óptico que viaja al lado izquierdo del cerebro. Fibras que transportan información desde la mitad izquierda del campo visual de cada ojo viaja al lado derecho del cerebro.
Se ha demostrado [2] que algunas de las células ganglionares de la retina funcionan como un cuarto tipo de fotorreceptores, llamadas células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGC). A diferencia de los bastones o conos, estas células contienen melanopsina y responden de manera lenta y de baja frecuencia a la irradiación. En lugar de codificar una imagen retiniana, estas células reaccionan a la irradiación de luz difusa general de la retina. Las señales de estas células ganglionares llegan al hipotálamo, el marcapasos circadiano, por lo que son responsables de controlar el ciclo día/noche de los humanos. Ver 3 | FOTOBIOLOGÍA Y EFECTOS NO VISUALES DE LA RADIACIÓN ÓPTICA.

2.1.3.5 SEÑALES NERVIOSAS

Los fotorreceptores generan una señal eléctrica analógica (es decir, continua) que se comprime. Mayores cantidades de radiación óptica producen aumentos más pequeños en la salida de la señal. Esta compresión amplía significativamente el rango de respuesta de los fotorreceptores.
Las células de las primeras capas de la retina generan señales visuales de esta manera analógica, pero la transmisión de información visual a través del resto del sistema es un proceso digital. Comienza con las células ganglionares, la información se transmite enviando pulsos eléctricos de magnitud aproximadamente uniforme a lo largo de las neuronas. La información que se transmite está contenida en la velocidad a la que se envían los pulsos. Las frecuencias del pulso varían entre cero y aproximadamente 100 por segundo.
La respuesta de las neuronas transmisoras se basa tanto en la presencia como en la ausencia de una entrada de señal. La mayoría de las neuronas tienen una velocidad a la que generan impulsos eléctricos de forma espontánea.
("fuego" o "chirrido" son términos que generalmente se usan para describir esto). Esta tasa se aumenta o se reduce dependiendo de la presencia de una señal entrante. Células que aumentan su velocidad de disparo cuando reciben pulsos de entrada, y no se ven afectadas si no tienen entrada se llaman neuronas excitatorias- su salida es excitada por la entrada. Otras neuronas, sin embargo, disparan rápidamente cuando no reciben entrada y tienen frecuencias de pulso de salida bajas si tienen entrada. Estas se llaman neuronas inhibidoras- su salida es inhibida por la entrada. Esta oposición es el aspecto fundamental del circuito del sistema visual. Ver 2.3.4 Campos Receptivos.

2.2 ÓPTICA DEL OJO

2.2.1 FORMACIÓN DE IMÁGENES RETINALES

2.2.1.1 REFRACCIÓN Y FORMACIÓN DE IMÁGENES

Como se describe en 1.5.2.2 Lentes, el poder de refracción de una lente tiene unidades de dioptrías (D) y es el recíproco de la distancia en metros a la que una lente puede refractar la radiación colimada a un punto. A medida que un objeto se acerca a una lente convexa de poder de refracción fijo, su imagen se mueve más lejos. El proceso dinámico de cambiar el poder de refracción se conoce como enfoque.
El poder de enfoque describe la capacidad de cambiar el poder de refracción. El ojo tiene una imagen fija a una distancia y, por lo tanto, a medida que un objeto se acerca, la lente debe aumentar el poder de refracción al volverse más curva. Cuanto más cerca esté el objeto, mayor debe ser el poder de refracción para mantener una imagen enfocada en la retina. En el ojo, la distancia del cristalino a la retina es de unos 1,7 cm. y así hasta alrededor de 60 D de poder de enfoque total se requieren para enfocar un objeto lejos del ojo. Ver 1.5.2.2 Lentes.

2.2.2 ALOJAMIENTO

La córnea proporciona alrededor de 40 D de poder de refracción en el sistema visual. La lente cambia de forma para proporcionar el poder de enfoque (mayor o menor refracción) requerido para producir imágenes de objetos a diferentes distancias del ojo. En los adultos jóvenes, el cristalino puede cambiar de forma lo suficiente como para producir 15 D de potencia de enfoque. Este acto de enfocarse se llama acomodación.

La acomodación es siempre una respuesta a una imagen del objetivo ubicado en o cerca de la fóvea más que en la periferia. Se utiliza para enfocar una imagen desenfocada o para cambiar el enfoque de un objetivo a otro a una distancia diferente. Se puede cambiar gradualmente para mantener enfocado un objetivo que se mueve a través del campo visual. Cualquier condición, ya sea física o fisiológica, que perjudique la fóvea, como un bajo nivel de luz, afectará negativamente la capacidad de acomodación. La visión borrosa y la vista cansada pueden ser consecuencias de una capacidad acomodativa limitada [3]. Cuando no hay estímulo para la acomodación, como en completa oscuridad o en un campo visual de luminancia uniforme como ocurre en una niebla densa, el sistema de acomodación generalmente se ajusta a aproximadamente un metro de distancia [4].

2.2.3 ERRORES REFRACTIVOS

La refracción proporciona el mecanismo por el cual se producen imágenes nítidas en la retina.
Se obtiene una imagen nítida y enfocada cuando se proporciona la cantidad correcta de refracción por el ojo. La emetropía es la condición del ojo normal cuando los rayos paralelos están enfocados exactamente en la retina y se logra un enfoque casi perfecto. La hipermetropía, o farsightness, es la condición cuando el poder de enfoque es insuficiente y los objetos son reflejados detrás de la retina.
La miopía, o nearsightness, es la condición en la que el poder de enfoque es demasiado grande y los objetos se visualizan delante de la retina. La hipermetropía y la miopía generalmente son causadas por una falta de coincidencia entre la longitud del globo ocular y la potencia óptica de la córnea y el cristalino.
La presbicia es la condición en la que el poder de enfoque es insuficiente debido a la pérdida de flexibilidad de la lente con la edad. Los objetos cercanos se reflejan detrás de la retina.
El astigmatismo es la condición cuando el poder de enfoque no es igual alrededor del eje visual.
Esto generalmente se debe a una deformación de la córnea. La mayoría de estos problemas de enfoque pueden corregirse con anteojos, lentes de contacto o escultura quirúrgica de la córnea. La Figura 2.6 muestra estos problemas de enfoque.

Incluso cuando el ojo está perfectamente corregido por errores de refracción, puede quedar una borrosidad residual debido a las aberraciones esféricas y cromáticas. Las longitudes de onda más cortas se refractan más que las más largas.
Las longitudes de onda al igual que en la aberración esférica, los resultados de los diferentes focos provocan borrosidad. Esto es aberración cromática. Estas aberraciones (y otras) son principalmente de interés teórico. Ellas son parcialmente compensadas por el procesamiento de imágenes del sistema visual y por lo general pueden ser descuidadas en el diseño de iluminación práctica. Sin embargo, pueden ser importantes en ciertas aplicaciones especializadas, como el trabajo con iluminancias reducidas donde el tamaño de las pupilas pueden estar grandes.

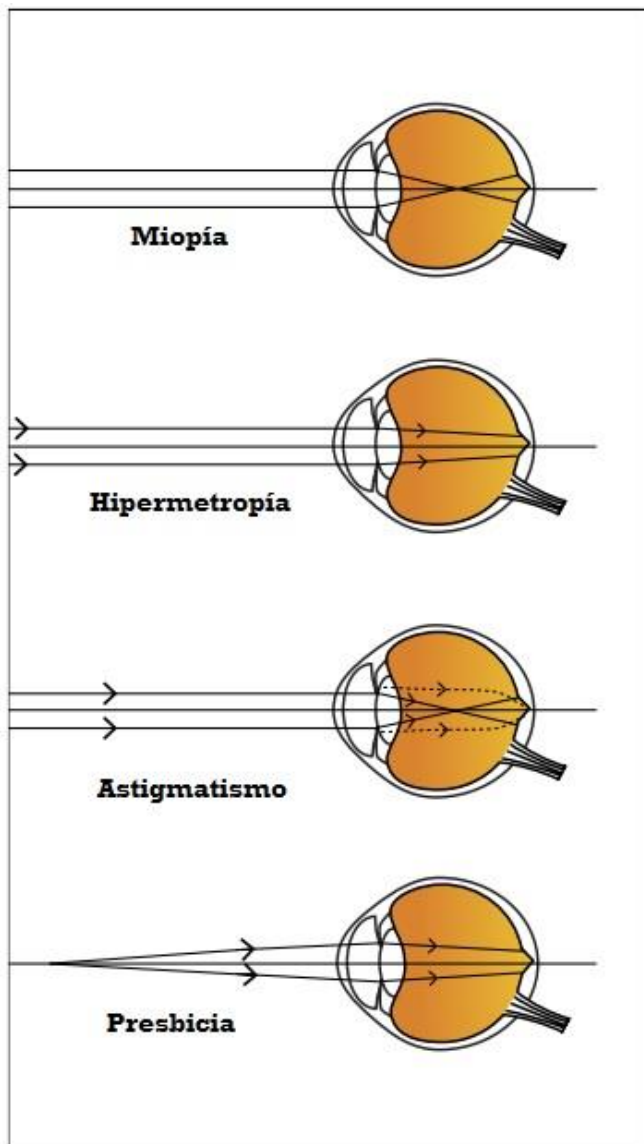
2.2.4 DISPERSIÓN

La radiación óptica que entra por la periferia de la córnea se refracta más que la que entra por las zonas centrales. Por lo tanto, la radiación en la imagen retiniana es parcialmente redistribuida sobre un área retinal más grande de lo que sería el caso en un sistema libre de aberraciones.
Esta es la aberración esférica. La cantidad y el tipo de aberración esférica varía con el estado de acomodación.
Los medios intraoculares no son perfectamente transparentes y producen una dispersión frontal de las radiaciónes. Esta dispersión cae sobre la retina como un velo relativamente uniforme, aumentando la borrosidad y reduciendo el contraste. El efecto aumenta con la edad. La dispersión dentro del ojo es principalmente dispersión de partículas grandes, que no depende de la longitud de onda. En ojos jóvenes, un 25% de la luz dispersada es producida por la córnea [5], otro 25% por las capas posteriores del ojo [6, 7, 8]

2.2.5 IRRADIACIÓN RETINAL

La composición espectral de la radiación óptica que llega a la retina está determinada en parte por las transmitancias espectrales de los materiales oculares que intervienen. La Figura 2.7 muestra estas transmitancias espectrales. La transmitancia compuesta describe el efecto de filtrado total en la radiación óptica antes de que llegue a la retina. La retina recibe radiación óptica en el rango de 380 a 950 nm con poca atenuación de los medios oculares. La córnea absorbe la mayor parte-

FIGURA 2.6 | GEOMETRÍA DE RAYOS DE VARIOS OJOS
Geometría de rayos de (de arriba a abajo) la miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia. En las primeras tres imágenes, el objeto visto está en el infinito.
En la imagen inferior, el objeto visto está en el punto de divergencia frente al ojo.



-de la radiación óptica con longitudes de onda inferiores a 300 nm. Longitudes de onda entre 380 y 500 nm se atenúan cada vez más con el avance de la edad [9, 10]. Muy poca radiación más allá de 1400 nm llega a la retina.

La edad avanzada reduce el diámetro máximo de la pupila y aumenta la absorción por parte del cristalino. Los dos efectos trabajan en concierto para producir una reducción significativa en la irradiación retiniana con la edad avanzada. La figura 2.8 muestra ambos efectos [13].

FIGURA 2.7 | TRANSMITANCIAS ESPECTRALES DE MEDIOS OCULARES

Las transmitancias espectrales de los medios oculares, incluyendo el disperso directo y la radiación directa, en cada longitud de onda en la región del registro visible.

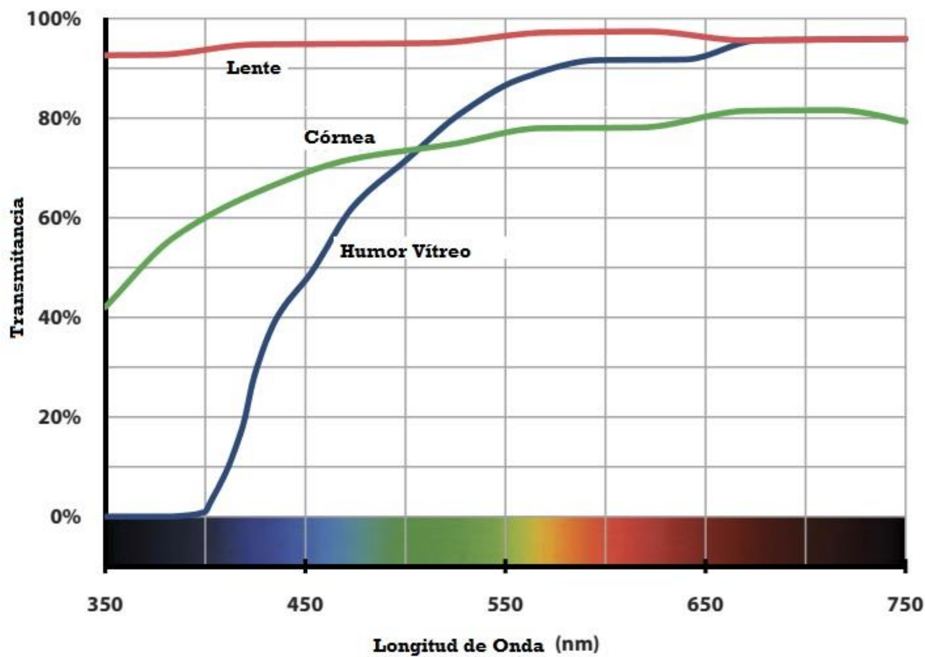


FIGURA 2.8 | CAMBIOS EN EL ÁREA DE LA PUPILA Y TRASMITANCIA DE LA LENTE CON LA EDAD

El área pupilar relativa máxima y transmitancia de la lente para radiación óptica de 550 nm, en función de la edad.

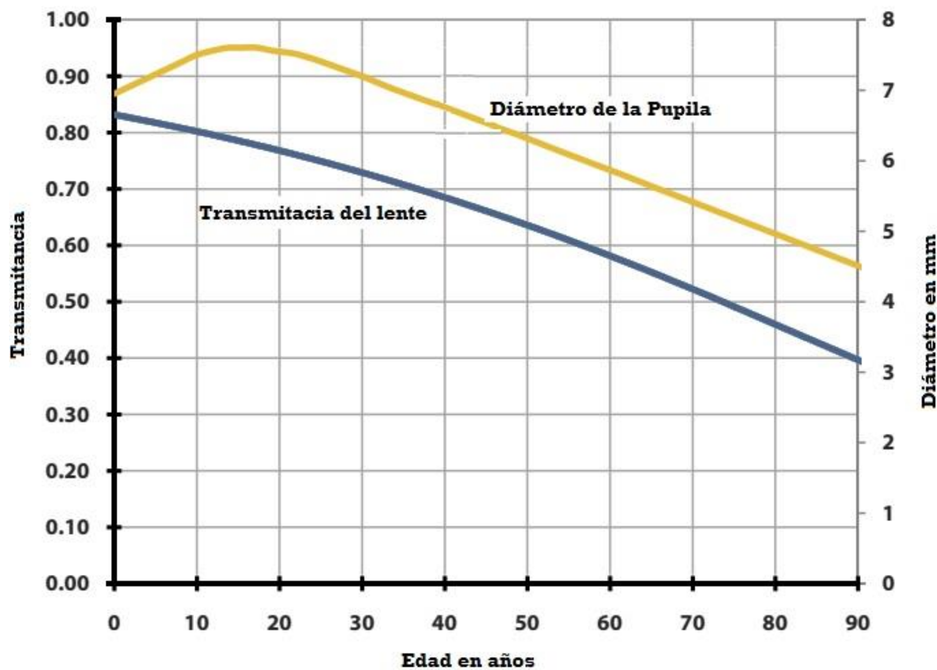
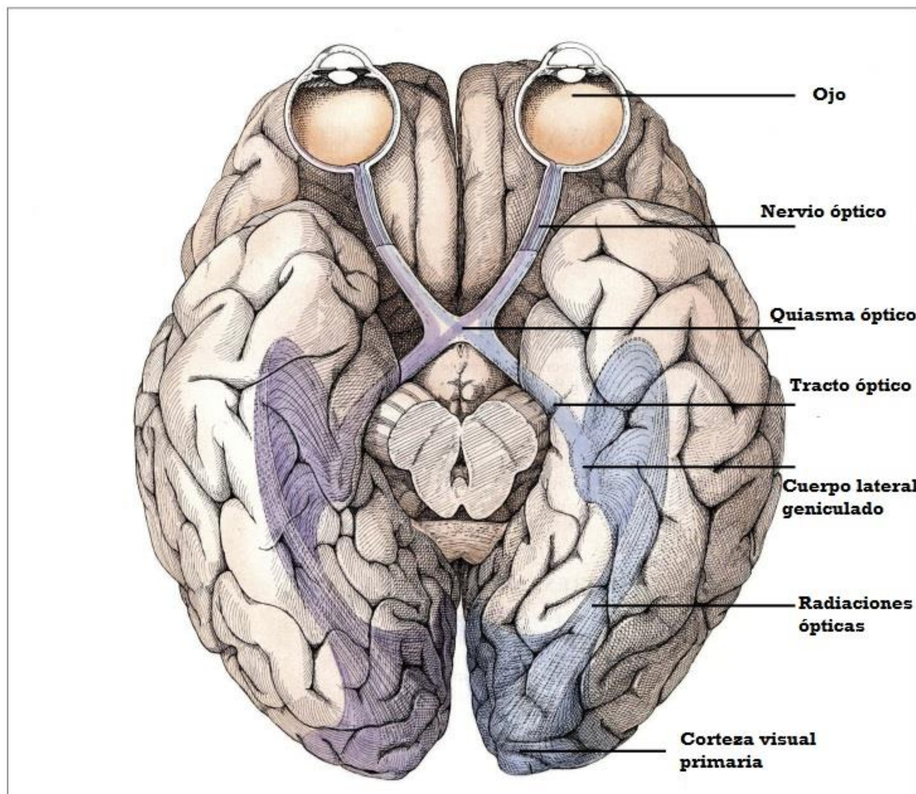


FIGURA 2.9 | COMPONENTES DEL SISTEMA VISUAL SOBRE EL OJO
Los componentes del sistema visual por encima del ojo.
Se muestran el nervio óptico, el quiasma óptico, tracto óptico, núcleo geniculado lateral, radiaciones óptica y la corteza visual primaria.
» Imagen ©David H. Hubel



2.3 SISTEMA VISUAL POR ENCIMA DEL OJO

Los aspectos neurales del sistema visual se describen como consistentes en etapas o capas, con la retina la etapa más baja y la corteza visual primaria la más alta. La 'altura' indica complejidad y el alcance de los aportes de las etapas anteriores. La información en el sistema visual es y se dice que fluye en canales 'hacia arriba', una abstracción de los aparentes caminos separados de información de luminancia, cromática, espacial y temporal que se mueve desde el ojo hacia etapas más arriba del sistema visual. La figura 2.9 muestra todos los componentes anatómicos y la mayoría de las etapas inferiores del sistema visual.

2.3.1 NERVIO ÓPTICO
Las señales de los campos receptivos de la retina son transmitidas por el nervio óptico, con la mayoría de sus fibras que se proyectan hacia el núcleo geniculado lateral. En el quiasma óptico, las fibras de cada ojo se dividen en dos conjuntos: cada ojo contribuye a haces de fibras, uno para cada lado de la cabeza. Estos haces son las vías ópticas. Uno transmite señales desde el lado izquierdo de ambos ojos al lado izquierdo del cerebro, el otro transmite señales desde el lado derecho de ambos ojos al lado derecho del cerebro.

2.3.2 NÚCLEO GENICULADO

Los núcleos geniculados en el lado derecho e izquierdo del cerebro reciben las señales tratadas de la óptica.
Al llegar al núcleo geniculado producen una representación ordenada de la retina. Al igual que la retina, el núcleo geniculado está estratificado. Cuatro capas tienen células pequeñas y procesan principalmente información visual temporal proveniente principalmente de la periferia de la retina. Estas capas se denominan parvocelulares, actúan con rapidez pero sin detalle, y son necesarias para la percepción de la forma y el movimiento. Dos capas tienen células grandes y procesan principalmente información espacial proveniente principalmente del centro de la retina, estas capas se denominan magnocelulares y funcionan más lentamente pero con detalle y son necesarias para la percepción del color. Se dice que el flujo de información temporal y espacial tiene lugar en dos canales, los canales parvocelulares y magnocelulares. Las fibras de estas células se abren en abanico con bandas anchas que son las radiaciones ópticas que eventualmente alcanzan la capa externa posterior del cerebro; la corteza visual primaria.

2.3.3 CORTEZA VISUAL

La corteza visual primaria también tiene una estructura en capas. Aunque contiene más de 200 millones de neuronas, tiene sólo 2 milímetros de espesor y, si se desplegara, tendría un área plana de unas pocas pulgadas cuadradas. La información de los núcleos geniculados y, en última instancia, de las retinas, se procesa aquí. La mayor parte de esta área de procesamiento se dedica a analizar el centro que son 10° del campo visual. Curiosamente, las neuronas corticales están conectadas de modo que casi ninguna de ellas cambian su tasa de disparo en estado de reposo cuando miramos un campo luminoso uniforme, pero son diversamente activas cuando se ven patrones luminosos de bordes, orientaciones, tamaños, movimientos, direcciones y colores específicos. Esta detección y disparo en presencia de bordes, orientaciones, movimientos y colores forman la entrada a funciones de alto procesamiento en el cerebro que dan lugar a las percepciones.

2.3.4 CAMPOS RECEPTIVOS

Campo receptivo es el nombre que se da a las unidades fundamentales mediante las cuales el sistema visual aprehende las características de la imagen en la retina. Un campo receptivo describe un rango de neuronas sobre las que se suman las señales y los resultados se envían a una neurona, proporcionando tanto el procesamiento como un tipo de compresión de datos. El sistema visual exhibe capas de campos receptivos, comenzando con la retina y hasta la corteza visual. Cada capa proporciona entrada a la siguiente.
Los campos receptivos más simples son los de las células ganglionares de la retina, estos son áreas circulares de la retina que definen una zona en la que una neurona individual responde a un estímulo de luz.
El cableado neural proporcionado por las células bipolares, amacrinas y horizontales conecta y procesa las señales de los fotorreceptores individuales y las lleva a una celúla ganglio. La mayoría de las células ganglionares, aunque no todas, finalmente reciben señales de dos campos locales de fotorreceptores: una matriz circular rodeada por un área anular más grande. Las interconexiones y las neuronas que las proporcionan, son tales que el centro y el entorno contribuyen en vías opuestas a la activación del ganglio: centro excitador y envolvente inhibidor, o centro inhibidor envolvente excitatorio. Estos generalmente se denominan en el centro y descentrados, respectivamente.
Una célula ganglionar con un campo receptivo que no está iluminado en absoluto o que está iluminado de manera uniforme, por lo general presenta una tasa de activación baja y constante y de radiación incidente limitada al centro de un campo receptivo no central aumenta la velocidad de activación de las células ganglionares. La radiación incidente sólo en el entorno inhibidor, suprime el disparo. La radiación uniforme tanto en el centro como en los alrededores, produce un efecto de cancelación, y la tasa de disparo no cambia. Se produce la respuesta contraria para el campo receptivo descentrado. La tasa de activación de las células ganglionares del campo receptivo es la información salida del ojo.
El circuito de la retina es tal que las células ganglionares vecinas reciben información de un campo superpuesto de fotorreceptores; la señal de un sólo fotorreceptor finalmente proporciona información a más de una célula ganglionar. Debido a esto, los campos receptivos adyacentes casi se superponen completamente. Quizás no sea sorprendente que los campos receptivos varíen en tamaño, con el más pequeño (ensamblado con señales de la menor cantidad de fotorreceptores, a veces sólo uno) en la fóvea, creciendo en tamaño hacia la periferia de la retina. El tamaño de un centro de campo receptivo es expresado como un ángulo visual. El ángulo visual se puede utilizar para especificar el tamaño

aparente o visual de un objeto que vemos, o el tamaño equivalente de una región en la retina. Los campos receptivos más pequeños involucran conos y tienen centros con un ángulo visual de menos de 1 minuto de arco. Eso es el ángulo subtendido por un cuarto a unos 250 pies (76,2 Metros).

Muchas neuronas más allá de las células ganglionares de la retina en la vía visual tienen campos receptivos.

Estos campos receptivos parecen estar construidos a partir de señales que se originan previamente en la ruta; es decir, de neuronas con campos receptivos más simples. De esta manera, los campos simples receptivos construyen otros complejos, y los campos receptivos cada vez más complejos se encuentran más adelante en la vía visual: desde la retina hasta el núcleo geniculado y la corteza visual. Los campos receptivos son no solamente espaciales, sino que también pueden ser cromáticos. Los dos tipos de campos receptivos cromáticos tienen oposición centro/alrededor rojo/verde, o oposición amarillo/azul.

La complejidad del campo receptivo se refiere al número y tipo de características específicas de un estímulo luminoso necesario para provocar actividad en una neurona. Algunas neuronas tienen receptividad a campos que sólo requieren el estímulo de un pequeño punto redondo de luz. Creciendo en complejidad, hay campos receptivos que requieren barras de luz, otros que requieren barras de luz con una orientación específica en el campo visual, campos aún más complejos que requieren la orientación de barras que se muevan, y campos aún más complejos que requieren que las barras orientadas se muevan desde la izquierda a la derecha si la neurona se va a disparar. En este sentido se puede decir que estas neuronas tienen capacidad receptiva a campos que detectan la presencia de estos diversos tipos de estímulos luminosos.

Los campos receptivos más complejos son exhibidos por células que discriminan la composición espectral del estímulo luminoso. Los campos receptivos más complejos son exhibidos por células en la corteza visual. Evidentemente, la salida de las celdas con campos receptivos más simples es la entrada a las células con campos receptivos complejos. Esta superposición de complejidad se construye desde las primeras etapas en la vía visual, la retina, a través del núcleo geniculado, a la corteza visual.

Nuestras percepciones de bordes, contornos, movimiento, gradientes luminosos y color aparentemente surgen de la salida de las neuronas que tienen estos campos receptivos muy complejos. La figura 2.10 muestra la estructura general en capas del sistema visual.

2.3.5 PERCEPCIONES Y DESEMPEÑO

Las percepciones son parte del resultado del procesamiento de la entrada óptica por parte del sistema visual. La información en canales cromáticos, espaciales y temporales, con origen en los fotorreceptores y procesados por múltiples capas de campos receptivos y combinaciones de oponentes, producen la base para las percepciones visuales [11]. Estos incluyen brillo, luminosidad, color, profundidad y movimiento. Esta misma información rige algunos aspectos del rendimiento visual. Ver 4 | PERCEPCIONES Y DESEMPEÑO

2.4 VISIÓN Y ESTADO DE ADAPTACIÓN

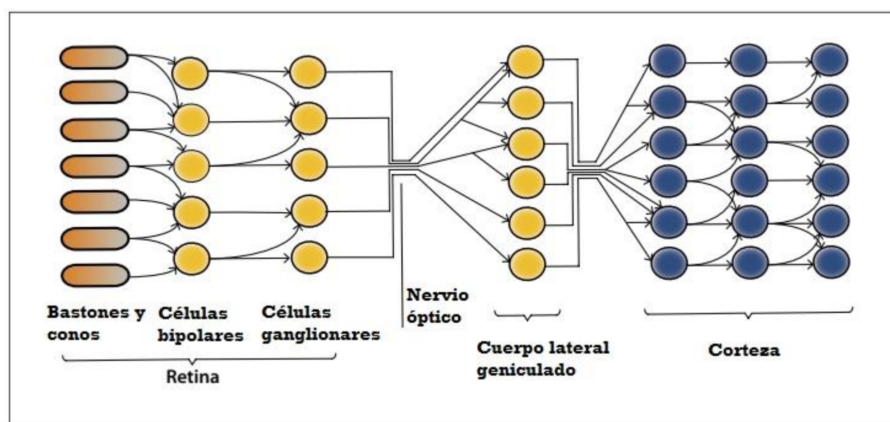
2.4.1 ADAPTACIÓN

Para que el sistema visual pueda funcionar bien, tiene que adaptarse a la luz predominante en alguna condición dada.

El sistema visual humano puede procesar información en una enorme variedad de luminancias, desde 10^{-6} cd/m^2 hasta 10^{+6}cd/m^2 (aproximadamente 12 unidades logarítmicas), pero no todas a la vez.

FIGURA 2.10 | LA ESTRUCTURA EN CAPAS DEL SISTEMA VISUAL

La estructura en capas del sistema visual muestra, en orden de procesamiento, la retina, nervio óptico nunca, cuerpo geniculado, radiaciones ópticas y la corteza visual. Después de los fotorreceptores de la retina, la entrada a cada capa consiste de señales de capas anteriores que han sido mezcladas, agregadas o sustraídas.



Para hacer frente a la amplia gama de iluminación retiniana a la que podría estar expuesta, desde una noche oscura (0,01 lx) a una playa iluminada por el sol (100.000 lx), el sistema visual cambia su sensibilidad a través de un proceso llamado adaptación. La adaptación implica tres procesos distintos: tamaño de la pupila,cambio fotoquímico y cambios neurales. Dado que la irradiación retiniana puede variar considerablemente a través de la retina, la adaptación es un fenómeno local y el sistema visual puede tener muy diferentes estados de adaptación a través del campo visual. Esto puede ser importante para tareas no foveales o de baja frecuencia espacial.

2.4.1.1 CAMBIO MECÁNICO: TAMAÑO DE LA PUPILA

El iris (Figura 2.1) se contrae y se dilata en respuesta al aumento y disminución de los niveles de iluminación retiniana. La constricción del iris tiene una latencia más corta y es más rápida (aproximadamente 0,3 seg.) que la dilatación (aproximadamente 1,5 s) [12]. Hay amplias variaciones en el tamaño de las pupilas entre individuos y para cualquier individuo en particular en diferentes momentos para el mismo estímulo visual.

El tamaño de la pupila está influenciado por emociones, como el miedo o la euforia. Así, para una luz dada como estímulo, cierta incertidumbre está asociada con el tamaño de la pupila de un individuo hasta que se mide.

El rango típico en el diámetro de la pupila para los jóvenes es de 3 mm para iluminancias retinianas altas a 8 m.m para iluminancias retinianas bajas [13]. Este cambio en el tamaño de la pupila en respuesta a la iluminación retiniana sólo puede explicar un cambio de 1,2 unidades logarítmicas en la sensibilidad a la luz. Las personas más viejas tienden a tener pupilas más pequeñas que los jóvenes en condiciones comparables. Ver 2.6.3.3 Límites del tamaño de la pupila.

2.4.1.2 CAMBIO FOTOQUÍMICO: DECOLORACIÓN DE PIGMENTOS

Los fotorreceptores de la retina contienen cuatro fotopigmentos. Cuando se absorbe la luz, el pigmento se descompone en un aldehído inestable de vitamina A y una proteína (opsina) y da la energía que genera señales eléctricas que se transmiten al cerebro y se interpretan como luz. En la oscuridad, el pigmento se regenera y vuelve a estar disponible para absorber la luz. La sensibilidad del ojo a la luz depende en gran medida del porcentaje de pigmento sin blanquear.

En condiciones de irradiación retiniana constante, la concentración de fotopigmento está en equilibrio; cuando se cambia la irradiación retiniana, el pigmento se blanquea o se regenera para restablecer el equilibrio. La adaptación fotoquímica está determinada por las tasas a las que el pigmento se blanquea y se regenera. En un estado de adaptación estable, la tasa de blanqueamiento es igual a la tasa de regeneración. Debido a que el tiempo requerido para realizar las reacciones fotoquímicas es del orden de minutos, los cambios en la sensibilidad a menudo se retrasan con respecto a los cambios estímulo. El sistema de conos se adapta mucho más rápidamente que el sistema de bastones; incluso después de la exposición a altas radiaciones, los conos alcanzan su máxima sensibilidad en 10 a 12 min, mientras que los bastones requieren 60 min. (o más) para alcanzar su máxima sensibilidad [14]. En total, el cambio fotoquímico representa entre 5 y 7 unidades logarítmicas de cambio de sensibilidad.

2.4.1.3 CAMBIO NEURONAL: INTERACCIÓN SINÁPTICA

Este es un cambio rápido (menos de 200 ms) en la sensibilidad producido por interacciones sinápticas en el sistema visual [15]. Los procesos neuronales explican virtualmente todos los cambios transitorios en la sensibilidad del ojo donde aún no se ha realizado el blanqueamiento del fotopigmento cónico (discutido a continuación), en otras palabras, a los valores de luminancia comúnmente encontrados en ambientes con luces eléctricas por debajo de aproximadamente 600 cd/m^2. El hecho de que la adaptación neural sea rápida, es operativa a niveles moderados de luz, y es efectiva en un rango de luminancia de 2 a 4 unidades logarítmicas, esto explica por qué es posible mirar alrededor de la mayoría de los interiores iluminados sin ser consciente de estar inadaptado.

2.4.1.4 EFECTOS TEMPORALES

El tiempo exacto que lleva adaptarse a un cambio en la iluminación de la retina depende de la magnitud del cambio, la medida en que involucra diferentes fotorreceptores y la dirección del cambio. Para cambios en la iluminación retiniana de aproximadamente 2 a 3 unidades logarítmicas, la adaptación neuronal es suficiente, por lo que la adaptación es en menos de un segundo, para más grandes cambios, la adaptación fotoquímica es necesaria. Si el cambio en la iluminación de la retina se encuentra completamente dentro del rango de operación de los fotorreceptores de cono, unos minutos es suficiente para que se produzca la adaptación. Si el cambio en la iluminación de la retina cubre desde el funcionamiento del fotorreceptor cono al funcionamiento del fotorreceptor bastón, pueden ser necesarias decenas de minutos.
En cuanto a la dirección del cambio, una vez que los procesos fotoquímicos están involucrados, los cambios se pueden lograr en una iluminación retinal más alta mucho más rápidamente que los cambios a una más baja iluminancia retiniana. Cuando el sistema visual no está completamente adaptado a la iluminación retiniana predominante, sus capacidades son limitadas [16]. Este estado de adaptación cambiante se llama adaptación transitoria. Es poco probable que la adaptación transitoria sea perceptible en interiores en condiciones normales pero puede ser importante cuando se producen cambios repentinos de iluminación retiniana alta a baja, como al entrar en un túnel de carretera largo en un día soleado o en el caso de una falla en el corte de energía en un edificio sin ventanas.

2.4.2 VISIÓN FOTÓPICA

Este estado operativo del sistema visual se produce con luminancias superiores a aproximadamente 10 cd/m^2.
Para estas luminancias, la respuesta visual está dominada por los fotorreceptores de cono.
Esto significa que se percibe el color y se pueden resolver los detalles finos en la fóvea. El sistema visual en este estado de adaptación exhibe una sensibilidad espectral a la óptica de radiación monocromática, que está definida por la Función de Eficiencia Luminosa Fotópica. Estándar de Longitud de Onda de la CIE. Ver 5.4.2 Eficiencia luminosa fotópica.

2.4.3 VISIÓN MESÓPICA

Este estado operativo del sistema visual es intermedio entre los estados fotópico y escotópico. En el estado mesópico, tanto los conos como los bastones están activos. Luminancias por debajo de aproximadamente 10 cd/m^2 y por encima de aproximadamente 0,001 cd/m^2 producen este estado de adaptación. A medida que la luminancia declina a través de la región mesópica, la fóvea, que contiene sólo fotorreceptores de cono, disminuye lentamente la sensibilidad absoluta sin cambios significativos en la sensibilidad espectral [17], hasta que la visión foveal falla por completo cuando se alcanza el estado escotópico.
En la periferia, los fotorreceptores de bastón gradualmente llegan a dominar a los fotorreceptores de cono, lo que da como resultado un deterioro gradual en la visión y resolución del color y un cambio en la sensibilidad espectral a longitudes de onda más cortas. Los métodos estándar de coincidencia de brillo no pueden proporcionar una función de sensibilidad única para la adaptación mesópica [18] [19] [20] [21], pero usando tiempos de reacción y otros métodos parece producir un sistema consistente de fotometría utilizando una gama de funciones mesópicas. [22] [23] [24] [25].

2.4.4 VISIÓN ESCOTÓPICA

Este estado operativo del sistema visual se produce con luminancias inferiores a aproximadamente 0,001 cd/m^2.
Para estas luminancias, sólo los grandes campos receptivos que consisten en fotorreceptores de bastón responden a la estimulación. La fóvea de la retina es inoperante ya que los campos receptivos allí son pequeños y reciben información de sólo unos pocos fotorreceptores. No hay percepción del color y la resolución de detalles que hay ocurre en la periferia dentro de unos pocos grados de la fóvea. El sistema visual en este estado de adaptación exhibe una sensibilidad espectral a la radiación óptica monocromática que está definida por la Eficiencia Luminosa Escotópica. Estándar de Función de Longitud de Onda de la CIE. Ver 5.4.3 Eficiencia luminosa escotópica.

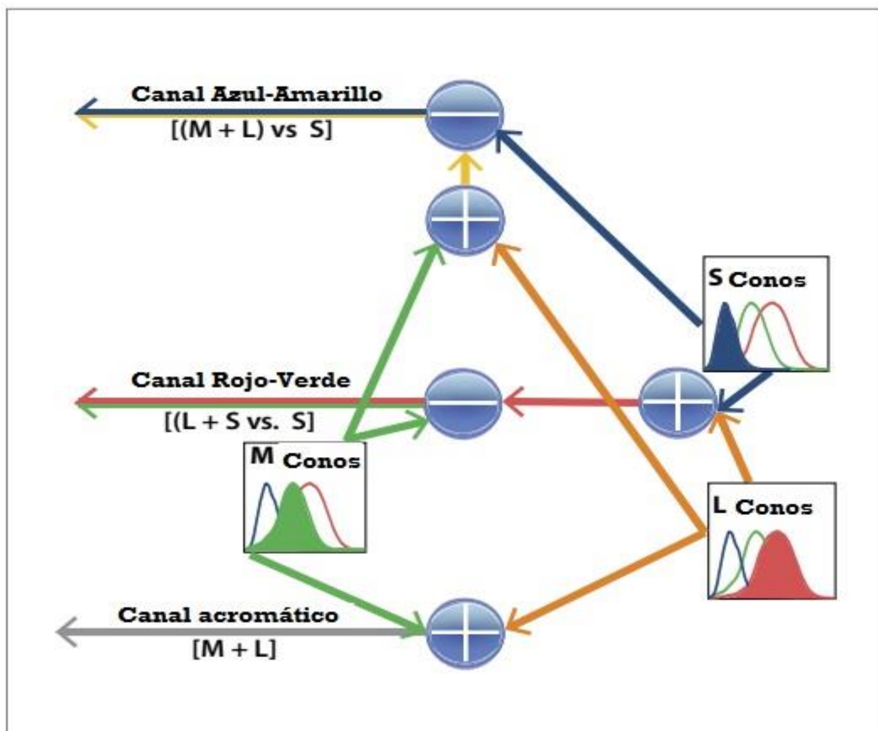
La Tabla 2.1 da un resumen de estos tres estados de adaptación, las diversas condiciones del sistema visual que los acompaña y las condiciones típicas de iluminación que los producen.

2.5 VISIÓN DE COLOR

La visión del color proporciona una rica dimensión a nuestro sentido de la vista y da lugar a importantes percepciones muy complejas. La percepción del color se describe en 6 | COLOR; sólo los neurales y la base anatómica para estas percepciones se discute aquí.

FIGURA 2.11 | CIRCUITO APARENTE PARA LA VISIÓN EN COLOR

Circuito aparente que produce los canales de información visual rojo/verde, amarillo/azul y de luminancia. Los círculos con + ó – indican si se cree que las señales del cono se suman o se restan.



2.5.1 OPONENCIA DEL CAMPO RECEPTIVO CROMÁTICO

Aunque la discriminación de color surge de las diferentes sensibilidades espectrales de los tres conos fotorreceptores [25], las señales de estos conos no producen directamente la visión del color. Las señales de los Conos forman campos receptivos cromáticos (ver 2.3.4 Campos receptivos) que son centros circulares y colecciones envolventes anulares concéntricas de fotorreceptores conectados a una célula ganglionar.
Las contribuciones centro/alrededor son opuestas, cada una de ellas excitatoria o inhibitoria.
Los campos receptivos que involucran a los conos están conectados en circuito de tal manera que algunos pares centrales/alrededores responden a la luz amarilla y azul (en términos generales), otros pares centrales/alrededores responden a la luz roja y verde.
Por lo tanto, la oponencia centro/alrededor de estos campos receptivos es amarillo/azul o rojo verde. Esta es la base de los dos canales cromáticos de información visual. El tercer canal lleva información de luminancia. La entrada de los fotorreceptores de tres conos aparentemente se procesa como se muestra en la Figura 2.11 para producir estos tres canales.
Aunque el canal acromático transporta información de luminancia, se ha demostrado que la percepción del brillo depende de los tres canales [25b].

2.5.2 DEFICIENCIAS DE LA VISIÓN CROMÁTICA

La mayoría de los sistemas visuales humanos tienen fotopigmentos de tres conos que funcionan como se muestra en la Figura 2.4. En este caso la persona es tricrómata (que tiene tres colores) y se dice que es “color normal." Pero aproximadamente el 8% de los hombres y el 0,2% de las mujeres tienen algún tipo de anormalidad en la la visión del color. La visión de color anormal ocurre debido a fotopigmentos fotorreceptores anormales. La razón de la preponderancia de los hombres es que la visión anormal del color se debe a una diferencia genética en el cromosoma X. Los machos tienen un solo cromosoma X, pero las hembras tener dos, y para que una mujer tenga una visión de color anormal, ambos cromosomas X deben tener el mismo gen anormal. La Tabla 2.2 enumera los diferentes tipos de visión anormal del color, sus causas y su prevalencia.

2.5.2.1 DEFICIENCIAS CONGÉNITAS DE LA VISIÓN CROMÁTICA

En un pequeño número de casos, falta uno de los tres tipos de fotopigmentos de cono y se dice que la persona es un bicromato. Más comúnmente, los fotopigmentos de los conos de longitud de onda media o larga es anormal y puede resultar en confusión de colores.

Tabla 2.1 Estados Adaptativos de la Visión

		Estado del Sistema Visual				
Luminancia (cd/m²)	Log(L) Luminancias Representativas[a]	Adaptación	Estado de los Fotocensores	Tamaño de la Pupila en un Adulto	Log Iluminancia Retinal (Tr) Fotópica	Log Iluminancia Retinal (Tr) Escotópica
0.000001	-6.0	Escotópica	Umbral de Bastón	7.9	-4.30	-3.90
0.000003	-5.5			7.8	-3.90	-3.49
0.00001	-5.0			7.7	-3.42	-3.01
0.00003	-4.5 Cielo nocturno oscuro, zenit			7.6	-2.92	-2.51
0.0001	-4.0 Cielo nocturno nublado y sin luna			7.5	-2.40	-2.00
0.0003	-3.5			7.3	-1.89	-1.50
0.001	-3.0 Cielo nocturno claro y sin luna	Mesópica	Umbral de Cono	7.0	-1.40	-1.01
0.003	-2.5			6.6	-0.94	-0.55
0.01	-2.0 Horizonte del cielo nocturno con luna llena			6.1	-0.50	-0.10
0.03	-1.5			5.6	-0.08	0.32
0.1	-1.0			5.0	0.32	0.72
0.3	-0.5			4.4	0.71	1.12
1	0.0 Horizonte, cielo claro justo después del atardecer			3.9	1.10	1.50
3	0.5			3.5	1.49	1.89
10	1.0 Horizonte, cielo nublado al atrdecer	Fotópica	Comienzo de saturación de bastones	3.1	1.88	2.28
31	1.5 Visor de LCD en PC con bajo brillo			2.7	2.28	2.68
100	2.0 Visor de LCD en PC, gris medio			2.5	2.70	3.10
310	2.5 Visor de LCD en PC, al máximo			2.3	3.13	3.52
1000	3.0 Nubes dispersas			2.2	3.57	3.97
3100	3.5 Cielo diurno completamente nublado			2.1	4.03	4.43
10,000	4.0 Lámpara fluorescente T8, llama de vela			2.1	4.50	4.90
31,000	4.5 Lámpara fluorescente T5 HO			2.1	4.98	5.39
100,000	5.0 Mechero con llama de acetileno			2.1	5.47	5.89
310,000	5.5 Cuerpo o Radiador Negro a 1950 K			2.1	5.98	6.39
1,000,000	6.0			2.0	6.50	6.90
3,100,000	6.5 Filamento de lámpara de tugsteno			2.0	7.05	7.40
10,000,000	7.0 Sol en el horizonte		Daño	2.0	7.63	7.91
31,000,000	7.5 Arco en el tubo con haluros metálicos			2.0	8.27	8.40
100,000,000	8.0 Sol a medio día			2.0	8.50	8.90

a. Estos son objetos, naturales o hechos por el hombre, que normalmente presentan las luminancias indicadas.
b. Iluminancia que produce la luminancia, suponiendo una superficie difusa con la reflectancia indicada. Los valores se redondean a 1 parte en 10.
c. Estas son condiciones exteriores típicas que producen la iluminancia exterior o la luminancia superficial indicada.
d. Estas son condiciones interiores típicas que producen la iluminancia interior indicada.

Luminancia correspondiente [b]				Iluminación Representativa Correspondiente	
Exterior (media ρ=0.10)		Interior (media ρ=0.85)			
lux	footcandles	lux	footcandles	Condiciones Exteriores [c]	Condiciones Interiores [d]
0.000031	0.000003	0.000004	0.0000003		
0.0001	0.00001	0.00001	0.000001		
0.00031	0.00003	0.00004	0.000003	Luz de las estrellas a través de nubes	
0.001	0.0001	0.0001	0.00001	Luz de las estrellas, brillo del cielo no natural	
0.0031	0.0003	0.0004	0.00003		
0.01	0.001	0.001	0.0001	Luz de las estrellas y brillo del cielo natural	
0.031	0.003	0.004	0.0003		
0.1	0.01	0.01	0.001		
0.31	0.03	0.04	0.003	Cuarto de luna	
1	0.1	0.1	0.01	Luna llena	
3.1	0.3	0.4	0.03	Crepúsculo profundo	
10	1	1	0.1	Crepúsculo, calzadas locales	Iluminación de emergencia(min)
31	3	4	0.3	Calzadas principales	Iluminación de pasillos transitados
99	9	12	1	Calzadas	Ilumiación de emergencia (prom)
310	30	40	3	Día de nublado oscuro	Algunos salones de clubs
990	90	120	11		Algunos vestíbulos,escaleras, comedores
3100	300	400	30	Día nublado	Algunas oficinas
9900	900	1200	110	Justo después del amanecer	Tareas de lectura intensiva
31000	3000	4000	300	Luz del cielo	Tareas industriales intensas
99000	9000	12000	1100	Sol arriba de 25° desde el horizonte	Algunos procedimientos dentales
310000	30000	40000	3000	Luz solar total	Algunos procedimientos quirúrgicos
990000	90000	120000	11000		Algunos procedimientos quirúrgicos
3100000	300000	400000	30000		
9900000	900000	1200000	110000		
31000000	3000000	4000000	300000		
99000000	9000000	12000000	1100000		
310000000	30000000	40000000	3000000		
990000000	90000000	120000000	11000000		
3100000000	300000000	400000000	30000000		

TABLA 2.2 TIPOS DE DEFICIENCIA EN COLOR

Nombre	Tipo	Causa	Consecuencias	Prevalencia
Dicromacías	• Protanopía	Pérdida de pigmento en cono-L	Confusión 520-700 nm; como un punto neutral	H :1.0 % M:0.02%
	• Deuteranopía	Pérdida de pigmento en cono-M	Confusión 530-700 nm; como un punto neutral	H :1.1 % M:0.1%
	• Tritanopía	Pérdida de pigmento en cono- S	Confusión 445-480 nm; como un punto neutral	Muy raro
Anomalía Tricromacías	• Protanomalía	Pigmento anormal del cono-L	Coincidencias anormales; discriminación reducida	H : 1.0% M:0.02%
	• Deuteranomalía	Pigmento anormal del cono-M	Coincidencias anormales; discriminación reducida	H : 4.9% M:0.04%
Monocramacías	• Monocromacía de bastón	Sólo bastones en la retina	Visión sin color	Muy raro
	• Monocromacía de cono	Sólo conos en la retina	Sin discriminación tonal en la adaptación fotópica	Muy raro

2.5.2.2 DEFICIENCIAS ADQUIRIDAS DE LA VISIÓN CROMÁTICA

Algunas deficiencias de la visión del color se adquieren, ya que aparecen después del nacimiento y exhiben cambios con el tiempo. Estas deficiencias se deben a diversas formas de distrofias de conos, neuritis óptica, degeneración macular relacionada con la edad, lesiones retinianas y glaucoma.

2.6 CONSECUENCIAS PARA EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

2.6.1 ILUMINACIÓN PARA AYUDAR A LA VISIÓN

De manera muy amplia, las características del sistema visual establecen los criterios para un buen diseño de iluminación. En la mayoría de los casos, el sistema visual procesa imágenes cromáticas, acromáticas, espaciales e información temporal en formas complicadas para dar percepciones finales de luz y color.
Pero en ciertas aplicaciones, algunos aspectos del sistema visual definen el objetivo principal de y a veces, la restricción de un sistema de iluminación. Un ejemplo es la importancia de la adaptación transitoria a la iluminación de túneles.
Igual de importante, las características anómalas o de envejecimiento del sistema visual proporcionan orientación para una buena iluminación. Estos incluyen deficiencias en la visión del color, varios efectos del envejecimiento del ojo y las implicaciones del mecanismo de arrastre circadiano que en algunos de estos casos, los criterios de iluminación necesitan ser ajustados.

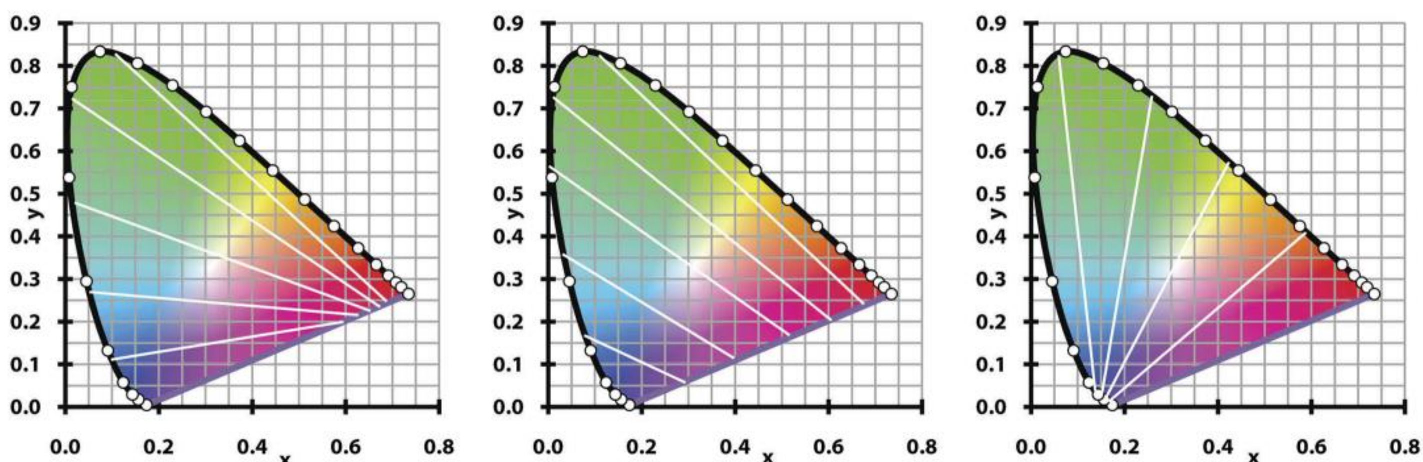
2.6.2 DEFICIENCIAS DE LA VISIÓN CROMÁTICA

Para la mayoría de las actividades, la visión anormal del color causa pocos problemas, ya sea porque la identificación del color es innecesaria o porque hay otras pistas mediante las cuales se puede obtener la información necesaria (por ejemplo, la posición relativa de la señal encendida en los semáforos). La visión anormal del color se convierte en un problema cuando el color es el único o dominante en los medios utilizados para identificar objetos, por ejemplo, en algunas formas de cableado eléctrico. La gente con visión de color anormal puede tener dificultad con tales actividades. Donde los colores por sí mismos se utilizan como señales, las luces de colores deben limitarse a aquellas que pueden distinguir las personas con las formas más comunes de anormalidad de color. La CIE tiene áreas recientemente recomendadas en el Diagrama de Cromaticidad de CIE 1931 dentro de las cuales el rojo, verde, amarillo, azul las luces blancas pueden engañar. Ver 6 | COLOR. Estas áreas están diseñadas para que la señal roja sea nombrada como roja y la verde como verde, incluso por dicrómatas, a las que les falta un pigmento fotorreceptor de longitud de onda larga o media [31].

Cabe señalar que para las personas con la forma más común de visión anormal del color, los tricromáticos anómalos, la capacidad de discriminar colores muestra amplias diferencias individuales. Algunos tricromáticos anómalos apenas se distinguen de las personas con visión del color normal, mientras que otros se parecen a los dicrómatas en su capacidad para discriminar los colores.
La figura 2.12 muestra las líneas a lo largo de las cuales es posible que se produzca una confusión de colores en los individuos, con diversas formas de deficiencias en la visión del color.

FIGURA 2.12 | LÍNEAS DE CONFUSIÓN DE COLORES PARA DIFERENTES TIPOS DE VISIÓN DEL COLOR DEFICIENCIAS

Las líneas de confusión de colores, mostradas en blanco, en el diagrama de cromaticidad CIE para individuos con (de izquierda a derecha) anómala o faltante de conos de longitud de onda larga, media y corta o fotopigmentos de cono.



2.6.3 EFECTOS DE LA EDAD

A medida que el sistema visual envejece, se producen una serie de cambios en su estructura y capacidades [13].
Estos incluyen pérdida de poder de enfoque, reducción en la transparencia de la lente, amarillamiento de la lente y disminución del tamaño máximo de la pupila [26] [27].

2.6.3.1 PRESBICIA

La función acomodativa disminuye rápidamente con la edad, de modo que a los 45 años la mayoría de las personas pueden ya no enfocar a distancias cercanas al trabajo (aproximadamente 40 cm) y pueden necesitar asistencia. Esto se conoce como presbicia. A los 60 años, hay muy poca capacidad de acomodación en la mayoría de la población, lo que les deja con un sistema óptico de foco fijo.
La Figura 2.13 muestra esta disminución. Esta falta de capacidad de enfoque se compensa un poco por las pupilas fisiológicamente más pequeñas en los ancianos (miosis senil) que aumenta la profundidad de campo del ojo. Sin embargo, las pupilas más pequeñas a su vez requieren una mayor luminancia de la tarea para mantener la misma iluminancia retiniana que cuando las pupilas eran más grandes.

2.6.3.2 AMARILLAMIENTO, TURBIDEZ Y FLUORESCENCIA DE LAS LENTES

El cristalino del ojo se vuelve amarillo con el avance de la edad, reduciendo la longitud de radiación de onda corta que llega a la retina. La edad avanzada a menudo trae opacidad del cristalino, llamada catarata, causado por cambios químicos dentro del ojo. Esta disminución de la transparencia provoca una disminución en la visión, que si está suficientemente avanzada se trata mediante la extracción quirúrgica del cristalino. En ambos casos estos problemas se desarrollan lentamente y su efecto sobre la visión es gradual [28].
La calidad de la imagen retiniana también puede verse reducida por la generación de luz dentro del ojo causada por la fluorescencia en la lente. Este fenómeno ocurre principalmente en los ancianos y se produce por absorción de radiación visible y ultravioleta de longitud de onda corta en el cristalino que luego se vuelve a emitir en longitudes de onda más largas a las que el sistema visual es más sensible [29].

2.6.3.3 LÍMITES DEL TAMAÑO DE LA PUPILA

La edad avanzada trae consigo una reducción en el tamaño máximo de la pupila que puede proporcionar el iris. Esto es miosis senil. La figura 2.14 muestra la reducción del tamaño máximo de la pupila con la edad [13]. El efecto es particularmente evidente cuando se adapta a la oscuridad. Basándose únicamente en el tamaño de la pupila, en el hombre de 60 años el iris de un observador adaptado a la oscuridad admite menos de la mitad de la luz que el de un observador de 20 años.

2.6.3.4 ILUMINACIÓN RETINIANA DISMINUIDA Y DISPERSIÓN AUMENTADA

A medida que el sistema visual envejece, la cantidad de luz que llega a la retina se reduce, más de la luz que entra en el ojo se dispersa y el espectro de la luz que llega a la retina se altera por la absorción preferencial de las longitudes de onda visibles cortas. La tasa a la que estos cambios se aceleran después de los 60 años. Este cambio en la transmitancia de la lente con la edad es una fuerte función de la longitud de onda; las longitudes de onda cortas se ven mucho más afectadas que las largas [13]. La figura 2.15 muestra este efecto.

2.6.3.5 PÉRDIDA DE CELDA

Además de estos cambios en las características ópticas del ojo, el deterioro de los componentes neurológicos del sistema visual también se produce en la edad adulta [18] Las consecuencias de estos cambios con la edad son agudeza visual reducida, sensibilidad de contraste reducida, reducción en la discriminación de color, mayor tiempo necesario para adaptarse a cambios grandes y repentinos en la luminancia y mayor sensibilidad al deslumbramiento.[18,32,33]

2.6.3.6 AUMENTO DE LA PREVALENCIA DE ENFERMEDADES DE LA RETINA

Además de los efectos descritos anteriormente, la edad avanzada también aumenta la probabilidad de enfermedad de la retina y el deterioro acompañante de la visión. Los tipos más comunes son degeneración macular, retinopatía diabética, glaucoma, retinopatía hipertensiva y retinitis pigmentosa, incluyendo ceguera nocturna y visión de túnel.

2.6.4 VISTA PARCIAL

La vista parcial es un estado de la visión que se encuentra entre la visión normal y la ceguera total. Mientras algunas personas nacen con visión parcial, la mayoría de las personas con visión parcial son personas mayores.
Entre los deficientes visuales, el 20% se volvió deficiente visual entre el nacimiento y los 40 años, 21% entre 41 y 60 años y 59% a partir de los 60 años [26]. Encuestas en los Estados Unidos y el Reino Unido sugieren que la proporción de la población total que están clasificados como deficientes visuales están en el rango de 0.5 a 1% [31, 32]. Las tres causas más comunes de la visión parcial son cataratas, degeneración macular y glaucoma [33]

2.6.4.1 CATARATA

Esta es una opacidad que se desarrolla en la lente. El efecto de la catarata es absorber y dispersar más de la luz que pasa a través de la lente. Esta mayor absorción y dispersión que se produce en la lente da como resultado una reducción de la agudeza visual y una reducción de la sensibilidad al contraste en todo el campo visual porque la luz dispersada degrada el contraste de la imagen retiniana. Esto es conocido como deslumbramiento por discapacidad, que ocurre cuando la luz se dispersa en el ojo. En la medida en qué más luz puede ayudar a una persona con cataratas depende del equilibrio entre absorción y dispersión. Más luz ayudará a superar el aumento de la absorción, pero si la dispersión es alta, el consiguiente deterioro en el contraste de luminancia de la imagen retiniana reduce las capacidades visuales. El uso de fondos oscuros contra los cuales se deben ver los objetos también ayudará [34, 35].

2.6.4.2 DEGENERACIÓN MACULAR

Esto ocurre cuando los fotorreceptores maculares y las neuronas dejan de funcionar debido a sangrado o atrofia. La fóvea está en el centro de la mácula lútea y cualquier pérdida de visión implica una grave reducción de la agudeza visual, la visión del color y la sensibilidad al contraste en frecuencias espaciales altas. Por lo general, estos cambios dificultan, si no imposibilitan, la lectura. Sin embargo, la visión periférica no se ve afectada en gran medida, por lo que la orientación no cambia. Proporcionando más luz, usualmente a través de una luz de trabajo, ayudará a las personas en la etapa temprana de deterioro, pero como progresa, la luz adicional es menos efectiva. Aumentar el tamaño visual de la imagen retiniana en una ampliación o acercarse es útil en todas las etapas, ya que esto puede aumentar el tamaño de la imagen retiniana lo suficiente como para llegar a partes de la retina más allá de la mácula.

2.6.4.3 GLAUCOMA

El glaucoma se debe a un aumento de la presión intraocular que daña la retina y el nervio óptico anterior. El glaucoma se manifiesta por un estrechamiento progresivo del campo visual, que continúa hasta que se produce la ceguera completa o se reduce la presión intraocular. Como se desarrolla glaucoma, además de una reducción en el tamaño del campo visual, mala visión nocturna y enlentecimiento, se produce una adaptación transitoria y una mayor sensibilidad al deslumbramiento, todo debido a la destrucción de fotorreceptores periféricos y neuronas. Sin embargo, la resolución de los detalles vistos en el eje no se ve afectada hasta la etapa final. La iluminación tiene un valor limitado para ayudar a las personas en las primeras etapas de glaucoma, porque donde ha ocurrido daño, la retina ha sido destruida. Sin embargo, se debe considerar proporcionar suficiente luz para la iluminación exterior durante la noche para permitir que la fóvea funcione. Dicha iluminación será útil sólo si se controla el deslumbramiento.

FIGURA 2.13 | REDUCCIÓN EN EL CAMBIO DEL PODER DE ENFOQUE CON LA EDAD AVANZADA

Reducción del cambio en el poder de enfoque (amplitud de acomodación) con el avance de la edad. El punto cercano indica la más pequeña distancia a la que una imagen nítida de un objeto puede ser obtenida. Las tres curvas indican la gama de diferencias individuales.

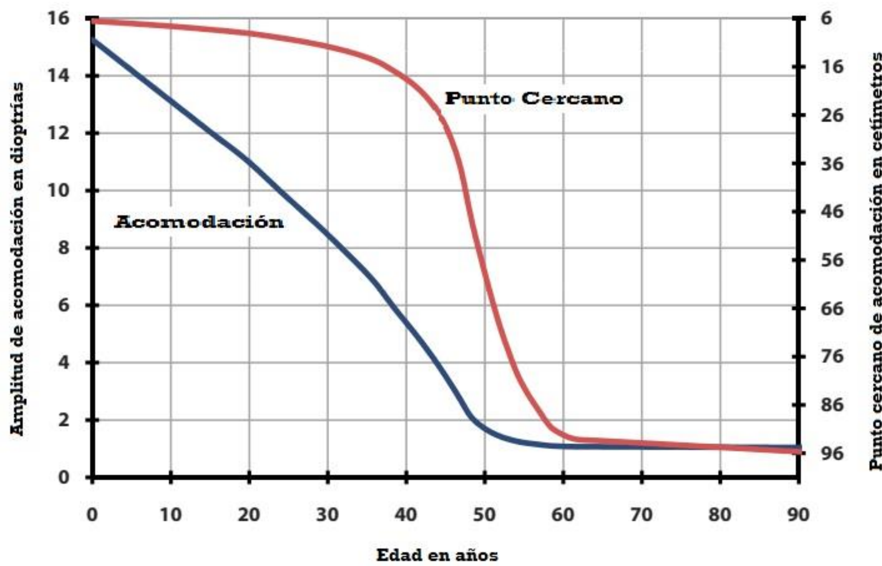


FIGURA 2.14 | DIÁMETRO DE LA PUPILA COMO FUNCIÓN DE LA EDAD PARA LA ADAPTACIÓN DE TRES LUMINANCIAS

Estos son los diámetros máximos de pupila y por lo tanto indican de manera general cuánta radiación óptica puede entrar en el ojo. El efecto de edad es particularmente pronunciada en niveles bajos de luminancias.

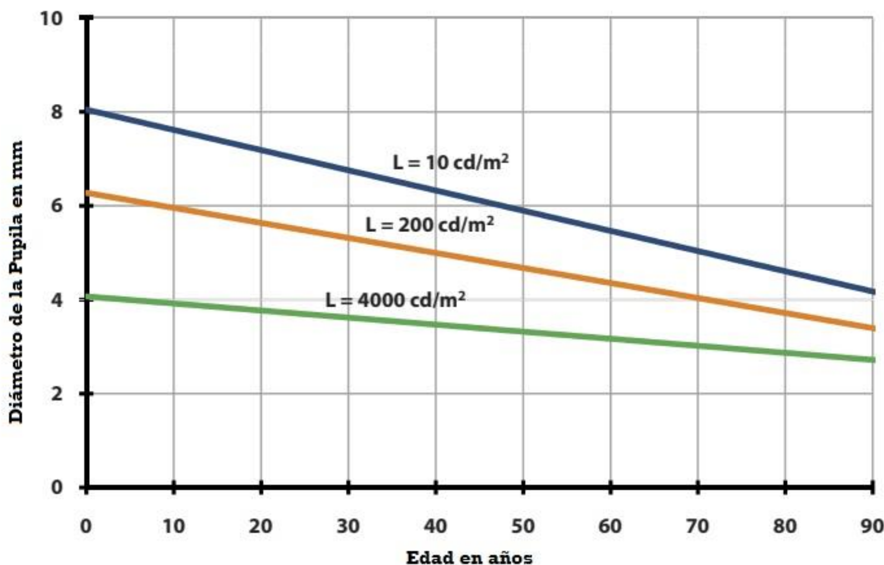
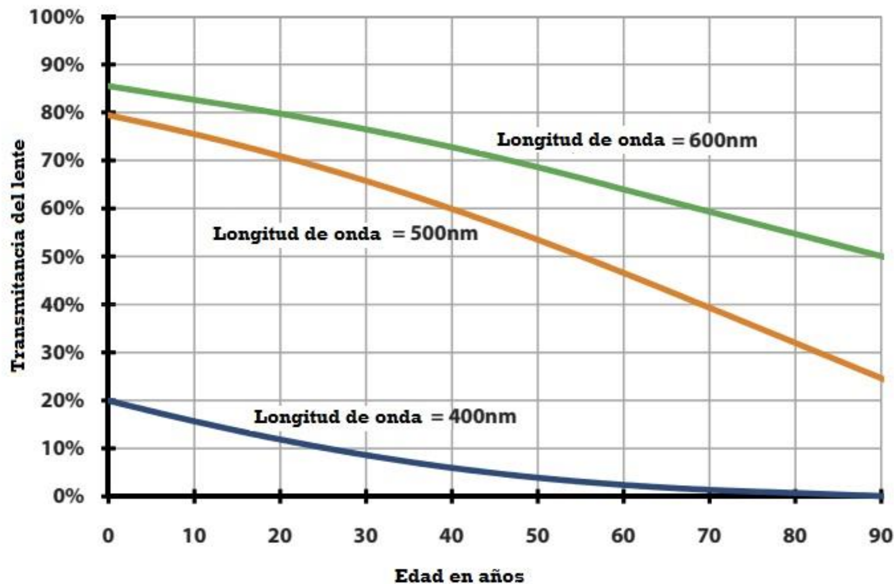


FIGURA 2.15 | TRANSMITANCIA DE LA LENTE COMO FUNCIÓN DE EDAD Y LONGITUD DE ONDA DE RADIACIÓN ÓPTICA

El cambio gradual en la transmitancia espectral del cristalino se caracteriza como “amarilleo”.



2.6.4.4 RETINOPATÍA

La retinopatía es un daño no inflamatorio de la retina. Los más comunes relacionados con la edad.
Las causas son la diabetes y la hipertensión.

2.6.4.5 ILUMINACIÓN PARA PERSONAS CON PROBLEMAS DE VISIÓN

Si bien los beneficios de la luz adicional dependen de la causa específica de la vista parcial, existe un enfoque que generalmente es útil para todas las personas con visión parcial. Esto es para simplificar el entorno visual y hacer más visibles sus detalles más destacados. Los detalles se pueden hacer más visibles aumentando su tamaño, contraste de luminancia y diferencia de color.

2.6.5 EFECTOS CIRCADIANOS

La luz sigue el ritmo circadiano y hay varios factores de iluminación que son importantes a este mecanismo de arrastre. La exposición a la luz antes o después de dormir afecta este ritmo: la exposición a la luz después de despertar hace avanzar el ritmo circadiano (retrasa el sueño), mientras que la exposición antes de dormir retrasa el ritmo circadiano [36, 37]. La duración de la exposición y la consistencia están directamente relacionadas con el tamaño del efecto de retraso o avance [36] [37]. El efecto es más pronunciado a niveles bajos de luz y con radiación óptica de longitud de onda corta [38].

2.7 REFERENCIAS

[1] Hubel DH. 1988. Eye, brain, and vision. Scientific American Library. 240 p.

[2] He S, Dong W, Deng Q, Weng S, Sun W. 2003. Seeing more clearly: Recent advances in understanding retinal circuitry. Science. 302(5633):408-411.

[3] Baehr EK, Fogg LF. 1999. Intermittent bright light and exercise to entrain human circadian rhythms to night work. American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology 277(6): R1598-R1604.

[4] Leibowitz, HW, Owen DA. 1975. Anomalous myopias and the intermediate dark focus of accommodation. Science 189(4203):646–648.

[5] Vos JJ, Boogaard J. 1963. Contribution of the cornea to entoptic scatter. J Opt Soc Am. 53(7):869–873

[6] Boynton RM, Clarke FJJ. 1964. Sources of entoptic scatter in the human eye. J Opt Soc Am. 54(1):110–119.

[6] Wyszecki G, Stiles WS. 1982. Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae. 2nd ed. NewYork: John Wiley & Sons.

[8] Vos JJ. 1963. Contribution of the fundus oculi to entoptic scatter. J Opt Soc Am. 53(12):1449–1451.

[9] Said FS, Weale RA. 1959. The variation with age of the spectral transmissivity of the living human crystalline lens. Gerontologia 3(4):213–231.

[10] Coren S, Girgus JS. 1972. Density of human lens pigmentation: In vivo measures over an extended age range [Letter]. Vision Res. 12(2):343–346.

[11] Ingling CR Jr, Tsou HB. 1977. Orthogonal combinations of three visual channels. Vision Res. 17(9):1075– 1082.

[12] Bouma H. 1965. Receptive systems mediating certain light reactions of the pupil of the human eye. Philips Research Report Supplements, no. 5. Eindhoven, Netherlands: Philips Research Laboratories.

[13] Weale RA. 1992. The senescence of human vision. New York: Oxford University Press.

[14] Hecht S, Mandelbaum J. 1939. The relation between vitamin A and dark adaptation. JAMA 112(19):1910–1916.

[15] Dowling JA. 1967. The site of visual adaptation. Science 155(3760):273–279.

[16] Boynton RM, Miller N D. 1963. Visual performance under conditions of transient adaptation. Illum Eng. 58(8): 541–550

[17] He Y, Rea M, Bierman A, Bullough J. 1997. Evaluating light source efficacy under mesopic conditions using reaction times. J Illum Eng Soc. 26(1):125–138.

[18] Commission Internationale de l'Éclairage. 1989. Mesopic Photometry: History, special problems and practical solutions. CIE no. 81. Vienna: Bureau Central de la CIE.

[19] Kaiser PK, Wyszecki G. 1978. Additivity failures in heterochromatic brightness matching. Color Res Appl. 3(4): 177–182.

[20] Wagner G, Boynton RM. 1972. Comparison of four methods of heterochromatic photometry. J Opt Soc Am. 62(12):1508–1515.

[21] Guth SL, Lodge HR. 1973. Heterochromatic additivity, foveal spectral sensitivity, and a new color model. J Opt Soc Am. 63(4):450–462.

[22] He Y, Bierman A, Rea MS. 1998. A system of mesopic photometry. Light Res Tech. 30(4):175–181.

[23] LRC mesopic. Rea, M. S., J. D. Bullough, J. P. Freyssinier-Nova and A. Bierman. 2004. A proposed unified system of photometry. Lighting Research and Technology 36(2): 85-111.

[24] MOVE mesopic. Goodman, T., A. Forbes, H. Walkey, M. Eloholma, L. Halonen, J. Alferdinck, A. Freiding, P. Bodrogi, G. Várady, and A. Szalmas. 2007. Mesopic visual efficiency IV: A model with relevance to nighttime driving and other applications. Lighting Research and Technology 39(4): 365-392.

[24b] [IES] Illuminating Engineering Society. 2006. Spectral effects of lighting on visual performance at mesopic light levels. New York. IES. 14p.

[25] Kaiser PK, and Boynton RM. 1996. Human color vision. Washington: Optical Society of America.

[25b] Fotios FA. 1998. Chromatic effect on apparent brightness in interior spaces III: Chromatic brightness model. Light Res Tech. 30(3):107-110.

[26] Sekuler R, Kline D, Dismukes K, eds. 1982. Aging and human visual function. Modern Aging Research, 2. NewYork: Alan R. Liss, Inc.

[27] Blackwell OM., Blackwell HR. 1971. Visual performance data for 156 normal observers of various ages. J Illum Eng Soc. 1(1):3–13.

[28] Wolf E, Gardiner JS. 1965. Studies on the scatter of light in the dioptric media of the eye as a basis of visual glare. Arch Ophthalmol. 74(3):338–345.

[29] Weale RA. 1985. Human lenticular fluorescence and transmissivity, and their effects on vision. Exp Eye Res. 41(4): 457–473.

[30] Winn B, Whitaker D, Elliott DB, Phillips NJ. 1994. Factors affecting light-adapted pupil size in normal Human subjects. Investigative Ophthal & Visual Sci. 35(3):1132-1137.

[31] Cullinan TR. 1977. The epidemiology of visual disabilities studies of visually disabled people in the community. Canterbury: University of Kent.

[32] Sorensen S, Brunnstrom G. 1995. Quality of light and quality of life: An intervention study among older people. Light Res Tech. 27(2):113–118.

[33] Kahn HA. 1973. Statistics on blindness in the model reporting area 1969–1970. Department of

[34] Commission Internationale de l'Éclairage. 1997. Low vision: Lighting needs for the partially sighted. CIE Publication no. 123. Vienna: Bureau Central de la CIE.

[35] Sicurella VJ. 1977. Color contrast as an aid for visually impaired persons. JVIB 71(6):252–257.

[36] Warman VL, Dijk DJ. 2003. Phase advancing human circadian rhythms with short wavelength light. Neuroscience Letters 342(1-2): 37-40.

[37] Duffy JF, Kronauer RE. 1996. Phase-shifting human circadian rhythms: Influence of sleep timing, social contact and light exposure. J Physiol. 495(1): 289-297.

[38] Gorman MR, Kendall M. Scotopic illumination enhances entrainment of circadian rhythms to lengthening Light : Dark cycles. J Biological Rhythms 20(1): 38-48


©Elvis I Titus 2005

3 | FOTOBIOLOGÍA Y EFECTOS NO VISUALES DE LA RADIACIÓN ÓPTICA

Los letárgicos deben ser puestos a la luz y expuestos a los rayos del sol, porque la enfermedad es tristeza y la luz del sol la cura.

Areteo de Capadocia, 100 D.C. célebre médico griego

Contenido

La radiación óptica es un componente crítico para el crecimiento y la regulación de la mayoría de los organismos. La fotosíntesis en las plantas y la generación de vitamina D en los seres humanos son ejemplos de formas conocidas y bien entendidas en las que la radiación óptica es esencial para el correcto funcionamiento de los sistemas biológicos. En estos dos ejemplos, el tejido de la hoja y la piel son las entidades receptoras y el sitio del mecanismo fotobiológico. La radiación óptica ha sido durante mucho tiempo utilizada en medicina para tratar y prevenir enfermedades. Todos estos son ejemplos de los efectos de la radiación óptica no visual; es decir, ninguno involucra el sistema visual. Pero relativamente recientes descubrimientos han dejado en claro la forma muy compleja en que la radiación óptica entra en el ojo y no sólo inicia la visión, sino que también gobierna los ritmos diarios en animales y humanos. Este vínculo entre la radiación óptica, los sistemas endocrinos, los ciclos de sueño y el estado de ánimo nos aclaran que el diseño de los sistemas de iluminación comenzará a tener en cuenta estos importantes efectos. Este capítulo proporciona información sobre estos desarrollos y la fotobiología en su relación al entorno construido.

3.1 RESUMEN

Los seres humanos, los animales y las plantas tienen respuestas fisiológicas complejas al día a día y a las variaciones estacionales en la radiación solar bajo las cuales evolucionaron. La fotobiología es el estudio de estas respuestas a la radiación óptica en el ultravioleta (UV), visible e infrarrojo (IR) que son porciones del espectro electromagnético. Las

respuestas fotobiológicas son el resultado de cambios químicos y físicos producidos por la absorción de radiación por moléculas específicas en el organismo vivo. La radiación absorbida produce calor y estados excitados en estas moléculas, que pueden conducir a reacciones fotofísicas y fotoquímicas en consecuencia. Véase 1.4.1 Estructura atómica y radiación óptica. La característica distintiva de las reacciones fotoquímicas es que la energía de activación es proporcionada por la absorción de fotones, que hacen que se produzcan reacciones a temperaturas fisiológicamente bajas. Las respuestas fotobiológicas se generan en los siguientes pasos:

1. La radiación óptica incide sobre un organismo.
2. La radiación óptica se absorbe selectivamente.
3. Esta absorción produce dos tipos de cambios: cambio fotoquímico y cambio fotofísico.
4. El cambio fotoquímico o fotofísico inicia una respuesta fotobiológica.

Para la iluminación aplicada, la radiación óptica de interés se puede dividir en tres componentes: UV, de 100 a 400 nm; visible, 400 nm a 780 nm, IR, 780 a 1 mm. La región ultravioleta se subdivide a su vez por la Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE) en bandas UV[1] cercana (UV-A, 315 a 400 nm), media (UV-B, 280 a 315 nm) y lejana (UV-C, 100 a 280 nm) La región IR se subdivide en tres subregiones: bandas IR-A (cercana-IR, 780 a 1400 nm), IR-B (IR media, 1400 a 3000 nm) e IR-C (IR lejana, 3000 nm a 1 mm). La radiación visible ocupa la región de longitud de onda delimitada por UV e IR, cayendo entre aproximadamente entre 400 y 750 nm. Estos límites no son nítidos.

Los temas de este capítulo son las respuestas no visuales a la radiación óptica en el UV e IR cercano y rangos IR en humanos, para el uso de radiación óptica en el tratamiento de ciertas enfermedades humanas y su uso germicida.

La tabla 3.1 resume algunos de los efectos de la radiación óptica en función de la longitud de onda e indica que las bandas UV, en particular, inducen efectos adversos tales como eritema actínico (enrojecimiento de la piel), fotoqueratitis (inflamación de la córnea, también comúnmente conocida como “ceguera por destello” o “quemadura de soldador”), y daño de la piel fotosensibilizada, así como como algunos efectos beneficiosos, como en la fototerapia y la sincronización diaria de la actividad del cuerpo en el ritmo circadiano. La radiación óptica de longitud de onda más corta tiene más energía y puede ser más biológicamente activa. Ver 1.1.3 Fotones de Einstein.

Tabla 3.1 | Efectos de la Radiación Óptica

Efecto	Localización o Proceso	Ultravioleta (100 nm - 400 nm)	IR- Visible y Cercano (380 nm - 1400 nm)	IR (Sobre 1400 nm)
Perjuicio	Piel	Eritema (Retardado)	Quemaduras	Quemaduras
		Carcinogénesis	Eritema (Inmediato)	Eritema (Inmediato)
		Envejecimiento		
		Fotosensibilidad a drogas		
		Melanogénesis		
		Melanoma (postulado)		
	Ojo	Fotoconjuntivitis		
	Córnea	Fotoqueratitis		Quemaduras y golpes
	Lentes	Cataratas (inmediata y retardada)	Cataratas IR - cercano	Cataratas IR
		Coloración		
		Esclerosis		
	Retina	Cambios Retinales	Lesión térmica	
			Lesión por choque	
			Lesión fotoquímica	
			Degeneración macular (postulada)	
Beneficio	Fototerapia	Soriasis	Desprendimiento retinal	
		Herpes simple	Retinopatía diabética	
		Odontología	Hiperbilirrubinemia	
		Tratamiento de vitíligo, eczema y	Glaucoma	
		Fotoquimioterápia	Eliminación de marcas de nacimiento y tatuajes	
			Cirujía	
			Desorden afectivo estacional	
			Descompensación horaria	
	No terapéutico	Producción de vitamina D	Ritmos biológicos	Calentamiento radiante
		Pigmentación protectora	Actividad hormonal	
			Comportamiento	
			Conjunto de ritmo circadiano	

3.2 RESPUESTA NO VISUAL A LA RADIACIÓN ÓPTICA

Al igual que las funciones duales de audición y equilibrio asociadas durante mucho tiempo con el oído, el ojo de los mamíferos tiene funciones duales en la detección de radiación óptica tanto para la formación de imágenes (visión) y para otras respuestas circadianas, neuroendocrinas y neuroconductuales. Desde que los efectos de la radiación óptica pueden ser profundos para la salud y el bienestar humanos es cada vez más importante para los diseñadores de iluminación comprender las influencias biológicas directas de la radiación óptica y, en particular, la respuesta humana a los ciclos de luz/oscuridad.

Esta sección describe los mecanismos retinianos involucrados cuando las señales de radiación óptica se convierten en señales neuronales para funciones corporales distintas de la visión. La radiación óptica al llegar a la retina regula la fisiología y el comportamiento, tanto directa como indirectamente. Esta incluye efectos agudos como la supresión de la producción de melatonina pineal, elevando por la mañana la producción de cortisol, aumento del estado de alerta subjetiva, mejora del rendimiento psicomotor, cambiando los patrones de activación cerebral a un estado más alerta, elevando la frecuencia cardíaca, aumentando la temperatura corporal central, activando la constricción de la pupila e incluso estimulando el reloj circadiano en la expresión génica.

Quizás el efecto más importante y a largo plazo de la radiación óptica es su capacidad para restablecer el reloj corporal circadiano interno y sincronizarlo con la hora local. Los ritmos circadianos son ritmos diarios que se repiten aproximadamente cada 24 horas y son conducidos por un reloj endógeno. Casi todos los parámetros fisiológicos y de

comportamiento exhiben ritmos circadianos y por lo tanto, la sincronización del reloj circadiano con el patrón diario de luz y oscuridad es primordial para el funcionamiento eficiente y apropiado del cuerpo. IES TM-18-08 [2] proporciona una descripción más detallada, revisar.

3.2.1 FOTORRECEPTORES GANGLIONARIOS

La melanopsina es el quinto fotopigmento basado en opsina del ojo de los mamíferos y la respuesta no visual media [3][4]. La melanopsina comparte similitudes estructurales con todos los fotopigmentos. Tras el descubrimiento de la melanopsina, una nueva clase de fotorreceptores que fue descubierta en la retina de roedores: las células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGC) [5]. Estos fotorreceptores contienen melanopsina y son principalmente, aunque no exclusivamente, responsables de la respuesta neuroendocrina del cuerpo a la radiación óptica. [6] [7]
A diferencia de los conos y bastones, las ipRGC se encuentran en la capa de células ganglionares de la retina, que al despolarizarse en respuesta a la radiación óptica, exhibe una respuesta mucho más lenta a un estímulo de radiación óptica y tienen una respuesta espectral máxima en la región espectral cercana a 480 nm.
Ver 2.1.3.1 Fotorreceptores. Además, los ipRGC parecen funcionar como fotorreceptores independientes en la medida en que responden a la radiación óptica incluso cuando están aislados física o químicamente de otras neuronas [8]. Sin embargo, su función puede ser influenciada por interacciones con los otros fotorreceptores interconectados en la retina. Los ipRGC tienen dendritas escasamente ramificadas (fibras ramificadas que transportan señales hacia el cuerpo celular de una neurona) que tienen varios cientos de micrones de largo y la mayoría terminan en la capa plexiforme interna (IPL). Estos ipRGC comprenden solo el 1al 3 por ciento de todas las células ganglionares de la retina de roedores; sin embargo, debido a que la melanopsina se encuentra en todas las dendritas, cuerpo celular y axones, estas células forman una red fotosensible difusa que cubre prácticamente toda la retina. Aunque los ipRGC responden a los estímulos de radiación óptica de manera muy diferente a los bastones y los conos, cada vez hay más pruebas de que reciben información de los bastones y vías de cono, más específicamente, los ipRGC reciben entrada sináptica bipolar y de las células amacrinas. [9] [10].
El ipRGC existe tanto en primates humanos como no humanos. Comprenden aproximadamente del 0,2 al 0,8 por ciento de todas las células ganglionares presentes en los primates no humanos en la retina. En la retina humana, las ipRGC existen como un árbol dendrítico extendido y forman una red panretiniana [11].

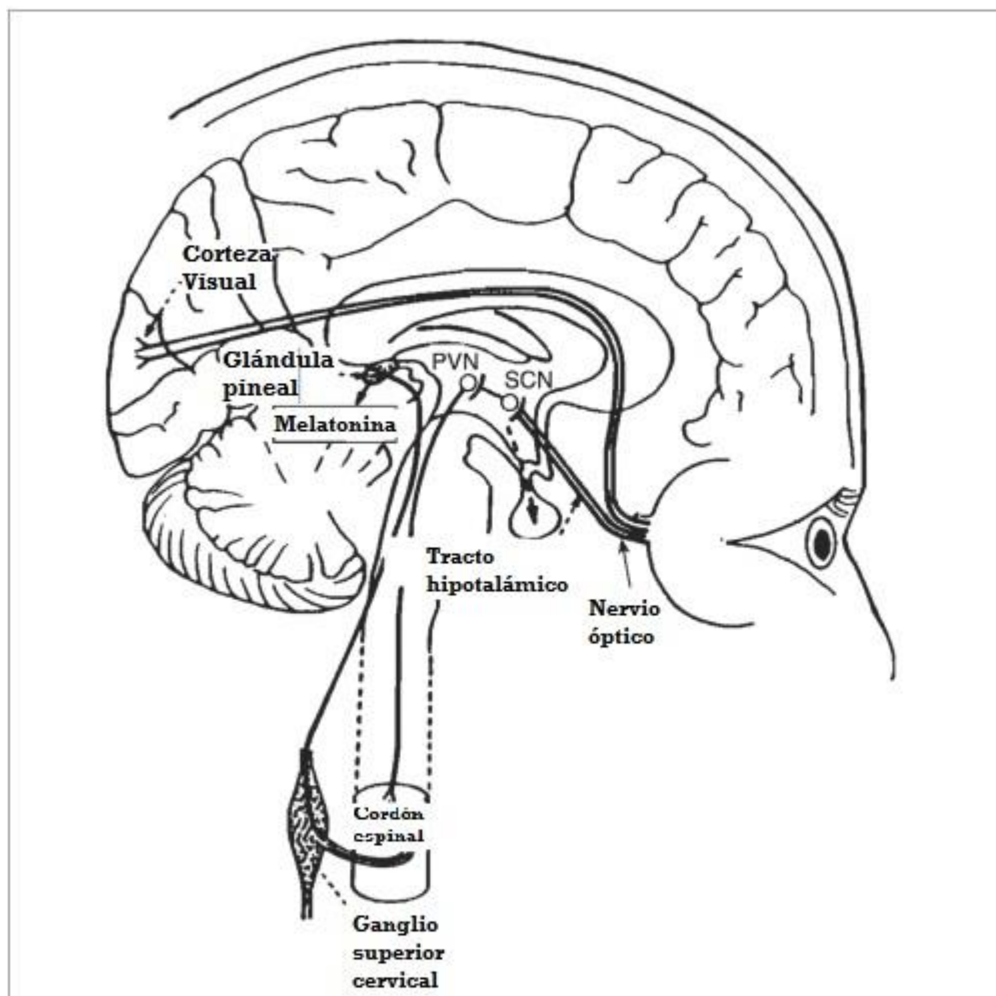
3.2.2 ESPECTROS DE ACCIÓN

Los espectros de acción analíticos recientes han caracterizado la sensibilidad espectral de un rango de respuestas fisiológicas que son consistentes con la sensibilidad de onda corta de estas células sensoriales recién caracterizadas. Espectros de acción para el sistema examinado neuroendocrino, circadiano y las respuestas oculares en humanos, monos y roedores mostraron una sensibilidad similar a la radiación visible (azul) de longitud de onda corta. Predominantemente, estos espectros de acción muestran un pico de sensibilidades en la región de longitud de onda corta del espectro visible, con un λ_{max} calculado lo que indica una fotosensibilidad máxima de 459 nm a 484 nm [24] [25].
La investigación sugiere que este sistema de fotorreceptores está implicado en el ciclo ocular circadiano-medio fototransducción neuroendocrina y neuroconductual. Aunque en la acción analítica completa aún no se han desarrollado espectros, el trabajo de investigación ha confirmado que la radiación óptica policromática y monocromática de longitud de onda más corta es más potente en humanos que la exposición a otras longitudes de onda de radiación óptica para evocar las mismas respuestas de criterio para cambios de fase circadianos, mejorando los correlatos subjetivos y objetivos de alerta, y aumentando la velocidad del corazón y temperatura [12] [13] [14] [15]. Además, se ha demostrado que el ritmo circadiano en respuesta del sistema a la radiación óptica policromática no es linealmente aditiva [16].

3.2.3 ARRASTRE CIRCADIANO

El marcapasos circadiano es un grupo de neuronas llamado núcleo supraquiásmico (SCN) del hipotálamo anterior y es el sitio del marcapasos interno del cuerpo. La información óptica de radiación es capturada por los fotorreceptores de la retina, convertida en señales neuronales y transportada directamente al SCN a través de una vía neural dedicada: la región del tracto RHT hipotalámico [17]. El ciclo de luz-oscuridad de 24 horas reinicia el reloj interno diariamente; al girar este reloj señala a una amplia gama de áreas del cerebro, reiniciando la fisiología controlada por el reloj y comportamiento. La figura 3.1 muestra la vía neural.

Figura 3.1 | Vía neutra del Marcapasos circadiano
Ilustración simplificada de la ruta
desde la retina hasta el núcleo supraquiásmico (SCN) del "reloj" hipotalámico y su larga proyección multisináptica a la glándula pineal.



El marcapasos circadiano no funciona exactamente a las 24 horas [18]. Las señales de tiempo ambientales deben ser capaces de restablecer este reloj interno para garantizar que la fisiología y el comportamiento estén sincronizados adecuadamente con el mundo exterior. La principal señal de tiempo ambiental que es capaz de restablecer (cambiar de fase) estos ritmos es el ciclo de luz-oscuridad de 24 horas. Los ipRGC son los fotorreceptores centrales que median las respuestas del ritmo circadiano, neuroendocrino y neuroconductual. En los mamíferos, una amplia variedad de eventos fisiológicos y conductuales exhiben un ritmo circadiano que va desde el ciclo obvio de sueño-vigilia hasta cambios más encubiertos en los niveles hormonales, temperatura corporal central, presión arterial y expresión génica. Quizás los ritmos circadianos más pertinentes para fines de investigación aplicada son aquellos que pueden ser utilizados como marcadores de la fase (sincronización) del reloj y, por lo tanto, revelan el impacto de la óptica a los estímulos de radiación en el reloj.

El SCN impulsa el ritmo circadiano en la producción de melatonina pineal (es decir, niveles altos de melatonina durante la noche y niveles bajos de melatonina durante el día) a través de una vía multisináptica que se proyecta al núcleo paraventricular del hipotálamo (PVN) y al ganglio cervical superior (SCG) [19]. La temperatura corporal central (TCC) y la hormona pineal la melatonina son los marcadores de fase más utilizados de este ritmo. La melatonina se utiliza más a menudo ya que no está sujeta a tantas influencias de enmascaramiento como se puede medir de forma no invasiva.

3.2.4 EFECTO DE LA ILUMINACIÓN SOBRE EL RITMO CIRCADIANO

Para que se produzca la sincronización con el entorno (arrastre), la sensibilidad al estímulo de reposición del reloj circadiano debe cambiar periódicamente. Esto permite desfases que tienen distinta dirección y magnitud, dependiendo de las características del estímulo.

Múltiples características de radiación óptica (es decir: cantidad, espectro, tiempo, duración, el patrón y la exposición previa a la radiación óptica) afectan la magnitud de la respuesta de reposición de fase. [20]

3.2.4.1 CANTIDAD DE LUZ BLANCA DE AMPLIO ESPECTRO

El trabajo de laboratorio para determinar el umbral de sensibilidad del sistema circadiano ha demostrado que el marcapasos circadiano humano cambia de fase en respuesta a una frecuencia de niveles relativamente baja de una fuente de luz blanca de espectro de banda ancha (aproximadamente 100 lux [10 fc] en la córnea) [21]. De hecho, las curvas de dosis-respuesta para una sola exposición de 6,5 horas de 9.500 lux (950 fc) de una fuente de luz blanca (lámpara fluorescente de 4100 K) durante la noche biológica, centrada 3,5 horas antes de la temperatura corporal central mínima, muestra una función en forma de S.

La figura 3.2 muestra esta relación. Esto indica que la respuesta de restablecimiento de retardo de fase se satura a ~600-1000 lux (~60-100 fc) en la córnea, con ~100 lux (~10 fc) en la córnea generando alrededor del 50 por ciento de la respuesta máxima de restablecimiento. Los niveles de umbral de radiación óptica requerida para impactar el reloj circadiano fuera de las condiciones del laboratorio aún son desconocidos. [22] [23]

3.2.4.2 ESPECTRO

Ahora se acepta ampliamente que la sensibilidad de la fototransducción circadiana alcanza su punto máximo en la corta porción de longitud de onda del espectro visible, y que múltiples fotopigmentos tienen una capacidad de participación [24][25][26][7]. Las regiones de longitud de onda donde los humanos normales exhiben la máxima sensibilidad no visual también debe tenerse en cuenta al diseñar la iluminación arquitectónica. De manera similar, la sensibilidad a la longitud de onda de diferentes especies determinará la iluminación ambiental óptima para estos animales.

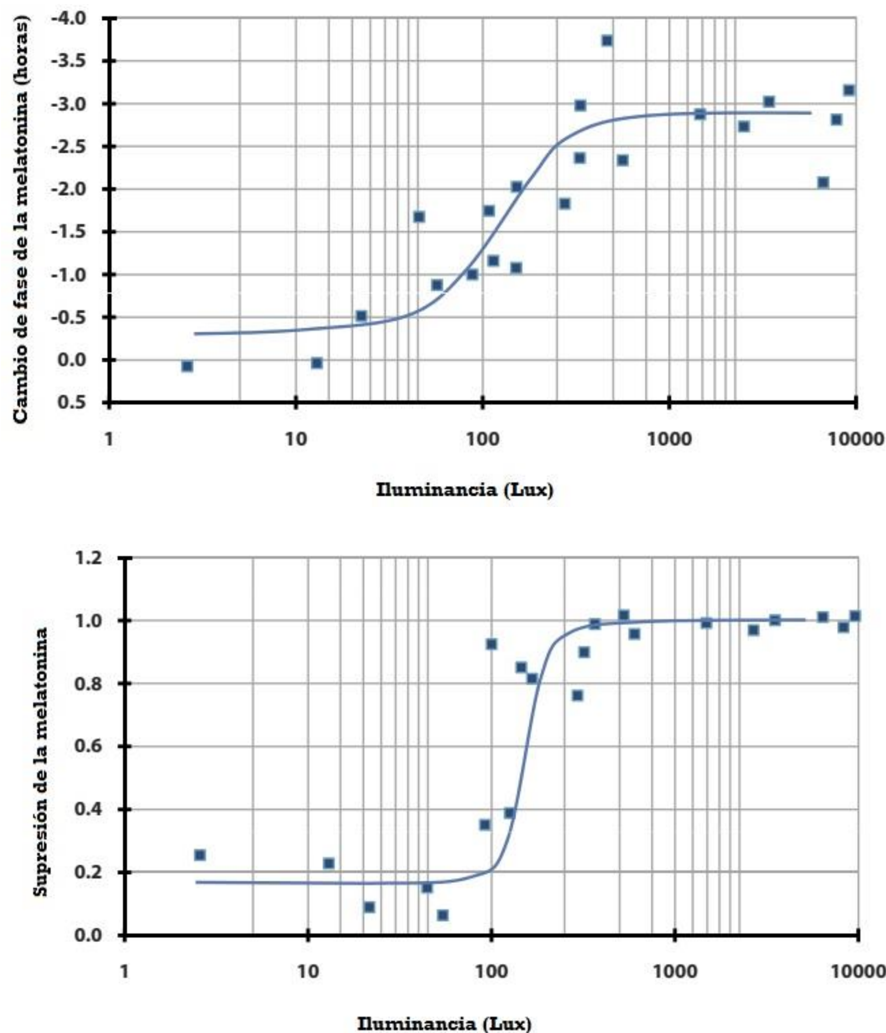
3.2.4.3 TEMPORIZACIÓN

Lo crucial para determinar la dirección y la magnitud de los efectos de reposición de fase circadiana es el momento de cualquier exposición a la radiación óptica. La exposición a una hora del día puede cambiar la temporización del marcapasos circadiano antes (es decir, adelantar la fase del reloj); la exposición en otra hora del día puede retrasar la sincronización del marcapasos (es decir, retrasar la fase del reloj).

FIGURA 3.2 | CAMBIO DE FASE DE MELATONINA Y SUPRESIÓN

El cambio de fase de melatonina (arriba) y supresión (abajo) en función de la iluminancia para una sola exposición de 6,5 horas de luz blanca en la córnea de una lámpara fluorescente 4100K, durante la noche biológica.

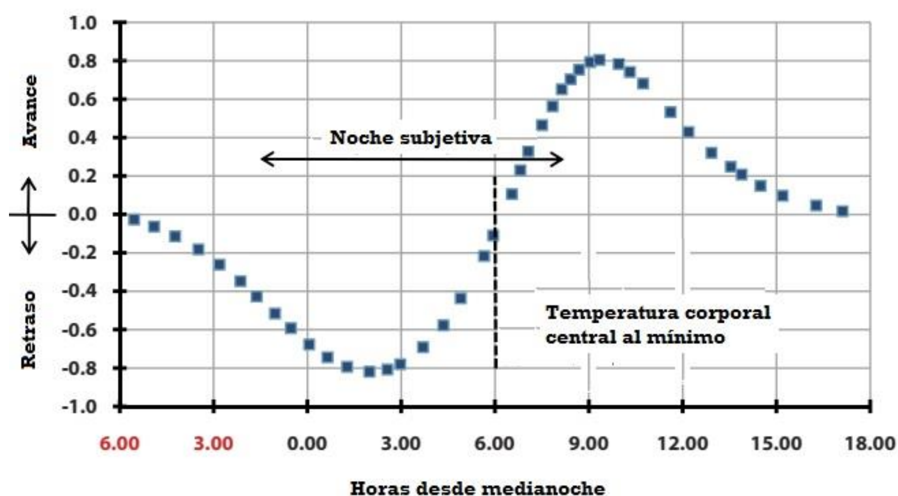
Los datos se centran alrededor de un punto 3,5 horas antes de alcanzar la temperatura corporal mínima. Datos de [21].



El cambio de dirección y magnitud del cambio de fase en función del tiempo de exposición a la radiación óptica se puede trazar como una curva de respuesta de fase (PRC). Un diagrama que representa el PRC humano a la radiación óptica para alguien que vive bajo condiciones normales de luz y oscuridad se muestran en la Figura 3.3. Los efectos de cambio de fase de la radiación óptica (eje vertical) a un tiempo posterior (retardo de fase, valor negativo) o a un tiempo anterior (avance de fase,valor positivo) se representan frente a la hora del día de la exposición (eje horizontal).

FIGURA 3.3 | RESPUESTA DE FASE

Respuesta del marcapasos de fase circadiana al tiempo de exposición a la radiación óptica.



Se superpone un episodio de sueño de ocho horas desde las 0:00 hasta las 8:00 horas. En condiciones normales, la exposición a la radiación óptica entre las 18:00 y las 6:00 horas (antes del núcleo mínimo se alcanza la temperatura corporal) provoca un retraso de la fase del marcapasos, con un retraso máximo en alrededor de las 2:00 am la radiación óptica emitida entre las 6:00 y las 18:00 horas (después de alcanzar la temperatura corporal central mínima) hace que el reloj avance, con un máximo avance que ocurre después de la exposición en la mañana (~9:00 horas) [27]. Es importante tenga en cuenta que la temperatura corporal central mínima ocurre en diferentes momentos en diferentes individuos y que la luz debe aplicarse con respecto a este mínimo.

La exposición a la radiación óptica tiene un efecto máximo que desplaza el marcapasos cuando se produce durante la noche biológica. Esto es cuando los humanos generalmente están dormidos y, por lo tanto, normalmente encuentran un mínimo de luz. La exposición es menos efectiva durante el día biológico.

3.2.4.4 DURACIÓN

Los efectos de cambio de fase de la radiación óptica también dependen de la duración y del patrón de exposición a la radiación óptica, y varían exponencialmente con la duración. Una exposición diaria de tres horas a 5000 lux (500 fc) en la córnea fue tan eficaz como una exposición de seis horas para la adaptación a un turno de noche experimental. La PRC para una exposición de una hora a 10.000 lux (1000 fc) de una fuente de luz policromática en la córnea tiene aproximadamente el 45 por ciento de la amplitud del PRC para una exposición de 6,7 horas a la misma radiación óptica [28].

3.2.4.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

A diferencia del sistema visual, la fotorrecepción no visual no requiere una resolución espacial precisa de la radiación óptica porque se ocupa de los cambios en la irradiancia ambiental. La distribución y el número de ipRGC que generan estas respuestas no visuales respaldan esta hipótesis. Los receptores no visuales consisten en un pequeño número de células del ganglio retiniano total, distribuidas casi uniformemente a través de la retina en una distribución similar a una red. Estas células también tienen campos dendríticos muy grandes que son fotosensibles, lo que ayuda aún más a la amplia (pero relativamente insensible) detección de radiación óptica [29]

3.2.4.6 ADAPTACIÓN

La sensibilidad del sistema circadiano humano a la radiación óptica parece estar determinada por la exposición a la radiación óptica durante las horas inmediatamente anteriores (y posiblemente los días), y así la fototransducción no visual parece exhibir adaptación. El historial fótico (de los días y semanas anteriores) también influye en la sensibilidad humana a la radiación óptica medida durante la noche por la supresión de melatonina. Cuanto mayor sea la exposición a la radiación óptica durante el día (por ejemplo, una semana de exposición durante cuatro horas/día a la luz exterior), menor es la sensibilidad del sistema circadiano humano que se convierte en radiación óptica durante la noche. [30]

3.3 EFECTOS DE LA RADIACIÓN ÓPTICA EN EL OJO

Tres elementos están involucrados en el daño de la radiación óptica a varios componentes del ojo: la accesibilidad de una determinada longitud de onda al tejido en cuestión, la absorbancia de esa longitud de onda, y la capacidad del tejido para lidiar con el insulto que la absorción la energía representa.
Los efectos retinales y otros efectos oculares de la radiación óptica pueden aumentar o disminuir en severidad por la presencia de compuestos fotoactivos generados internamente o suministrados externamente.
Los psoralenos, los derivados de la hematoporfirina y otros agentes fototerapéuticos pueden mejorar los efectos dañinos de varias longitudes de onda en el ojo y otros tejidos. Por el contrario, la vitamina E puede actuar como un extintor de estados excitados en especies relacionadas y se ha planteado la hipótesis que puede aumentar el umbral de daño inducido por la luz. Muchos agentes farmacéuticos nuevos pueden aumentar el potencial de efectos fototóxicos.

3.3.1 EFECTOS UV

La tabla 3.2 muestra cuánta energía en cada una de varias bandas de longitud de onda en los rayos ultravioleta son absorbidos por los diversos componentes del ojo. Para longitudes de onda inferiores a 320 nm, casi toda la radiación es absorbida por la córnea. Entre 320 y 400 nm, gran parte de la radiación UV es absorbida por el cristalino; la proporción depende de la edad. Ver 2.6.3 Efectos de Edad. Los medios ópticos del ojo humano, hasta la edad adulta temprana, transmiten un pequeño porcentaje de radiación UV a la retina, lo que da como resultado una respuesta visual teórica para las longitudes de onda tan cortas como 300 nm.

3.3.1.1 EFECTOS DE LOS RAYOS UV EN LA CÓRNEA

La fotoqueratitis es una inflamación dolorosa pero no necesariamente perjudicial de la capa epitelial (más externa) de la córnea. El período de latencia entre la exposición y el inicio de los síntomas varían de 2 a 8 horas, dependiendo de la cantidad de radiación recibida. Para exposiciones moderadas, los efectos son más aterradores que serios. Los síntomas incluyen inflamación de la conjuntiva acompañada de enrojecimiento de la piel circundante y párpados, hay una sensación de arena en los ojos, lagrimeo, sensibilidad a la luz y espasmos de los párpados. La recuperación es rápida y generalmente completa dentro de las 48 horas, excepto en casos graves.
El espectro de acción, similar al del eritema cutáneo, alcanza un máximo de 270 a 280 nm.

3.3.1.2 EFECTOS UV EN LA LENTE

El cristalino muestra una serie de cambios con el envejecimiento, incluida una coloración amarillenta, un aumento de la proporción de proteínas insolubles, esclerosis con pérdida de acomodación y catarata. Hay un creciente cuerpo de evidencia, en su mayoría epidemiológica, para implicar a la radiación UV en estos cambios. Por ejemplo, las extracciones

de cataratas son significativamente más frecuentes en la India que en Europa occidental. Parte de la diferencia puede deberse a la dieta y factores genéticos, pero la mayoría de las autoridades creen que la exposición a la luz solar juega un papel importante.
Si bien muchos de los primeros estudios epidemiológicos de las cataratas no han sido concluyentes, intentos más recientes han demostrado una estadística significativa en la relación entre las opacidades del cristalino cortical y la exposición a los rayos UV-B de por vida en personas que viven y trabajan en niveles altos de energía solar. Se han hecho sugerencias de que los rayos UV-A también pueden tener un papel en la formación de catarata.
Hay argumentos de que la exposición a los rayos UV podría no ser un factor causal significativo para cataratas. Hasta que se resuelvan estos problemas, el enfoque conservador es minimizar la exposición UV innecesaria de los ojos. [31] [32]

3.3.1.3 EFECTOS DE LOS RAYOS UV EN LA RETINA

Los efectos retinianos de la radiación ultravioleta son difíciles de categorizar porque dependen de las capacidades de filtrado individuales de los medios oculares prerretinianos. En los adultos, el cristalino, que normalmente absorbe longitudes de onda por debajo de unos 400 nm, protege eficazmente la retina de la radiación ultravioleta. Los estudios han demostrado, sin embargo, que un pequeño porcentaje de la radiación UV puede alcanzar la retina en humanos adultos hasta los 30 años de edad. El retiro del cristalino en la cirugía de catarata hace que la retina sea más susceptible al daño de longitudes de onda de hasta 300 nm.
Sin embargo, si se implanta quirúrgicamente una lente intraocular (LIO) que bloquea los rayos UV, entonces se restablece la absorción de los rayos UV. El blindaje UV también está disponible para permeables rígidos al gas (RGP) y variedades de lentes de contacto de hidrogel.

Tabla 3.2 Porcentaje de Absorción en los componentes del ojo

Longitud de onda (nm)	Córnea	Humor acuoso	Lente	Humor vítreo
< 290 nm	100	0	0	0
300 nm	92	6	2	0
320 nm	45	16	36	1
340 nm	37	14	48	1
360 nm	34	12	52	2

3.3.2 EFECTOS VISIBLES Y DEL INFRARROJO CERCANO

La lesión en la retina que resulta en una pérdida de visión (escotoma) después de la observación del sol ha sido descrita a lo largo de la historia. La incidencia de lesiones coriorretinianas por fuentes de luz fabricadas es extremadamente pequeña y, sin duda, mucho menor que la incidencia de ceguera por eclipse. Hasta hace poco tiempo, las quemaduras coriorretinianas resultantes de operaciones industriales eran ocurrencias raras. Esto sigue siendo en gran parte exacto, ya que la aversión normal al alto brillo en las fuentes de luz (el reflejo de parpadeo y el movimiento de los ojos lejos de la fuente) proporciona una protección adecuada a menos que la exposición sea peligrosa dentro de la duración del reflejo de parpadeo. El uso de láseres ha significado un gran aumento en el uso de láseres de alta intensidad son fuentes de alta radiación que tienen parámetros de salida significativamente diferentes de los que se encuentran en el pasado y puede presentar graves riesgos de quemaduras coriorretinianas.
Además de los láseres, se pueden encontrar las siguientes fuentes de radiación óptica continua en la industria: lámparas de arco compacto (como en los simuladores solares), lámparas de tungsteno-halógeno, tubos de descarga de gas y vapor, unidades de soldadura eléctrica y fuentes de radiación de impulsos ópticos, como lámparas de destello y cables explosivos. Las intensidades de estas fuentes pueden ser motivo de preocupación si no se toman las medidas de protección adecuadas. Las irradiaciones IR extremas se han relacionado con daños en la córnea, el lenticular y la retina; aunque las estructuras oculares pueden disipar adecuadamente el calor de las exposiciones IR difusas de baja potencia, pero la misma

cantidad de energía administrada en pulsos a áreas muy pequeñas de tejido puede causar daño. La luz coherente generada por neodimio itrio aluminio granate (Nd:YAG) y láseres de argón pueden penetrar a las estructuras intraoculares. La luz de los láseres de criptón, HeNe y rubí pueden llegar a la retina. Tales fuentes se han utilizado terapéuticamente en procedimientos para la fotocoagulación retiniana.

Para colocar los datos de lesión coriorretiniana en perspectiva, la Tabla 3.3 muestra la irradiación retiniana para muchas fuentes de luz. Se vuelve a enfatizar que varios órdenes de magnitud en radiancia o luminancia que existe entre las fuentes que causan quemaduras coriorretinianas y aquellos niveles a los que los individuos están continuamente expuestos. Las irradiancias retinianas que se muestran en la Tabla 3.3 son sólo aproximadas y asume tamaños de pupila mínimos y algo de entrecerrar los ojos para las fuentes de luminancia muy alta.
La mayoría de los estándares relacionados con la exposición máxima permisible (MPE) se derivan de experimentos con animales y humanos, y de modelos de sistemas biológicos [33]. Los datos primarios son generalmente para fuentes de banda estrecha como los láseres, y tiene en cuenta la longitud de onda y la duración.
Los valores de MPE para fuentes de banda ancha se derivan de la integración a través de longitudes de onda.
Como se discutió en 2.2.4 | Irradiación retinal, la retina es vulnerable a los efectos de la radiación entre 400 y 1400 nm. Entre estas longitudes de onda, la retina es, con mucho, el tejido más sensible del cuerpo. La radiación óptica viaja a través de múltiples capas de células del tipo neuronas de la retina antes de encontrarse con los fotorreceptores. Ver 2.1.1.6 Retina. Justo detrás –

Tabla 3.3 / Irradiancia Retinal vs. Tamaño de la Imagen para Diferentes Fuentes de Luz

Fuente	Irradiancia Retinal Absorbida (W/cm^2)	Imagen Retinal Aproximada (mm)
Iluminación Interior	10^{-8} - 10^{-7}	10
Iluminación Exterior	10^{-6} - 10^{-4}	1 - 10
Vela	10^{-5}	0.05
Lámpara Fluorescente T- 8	10^{-4}	0.2 - 1
Lámpara Incandescente empavonada	10^{-4}	0.2
Llamarada pirotécnica	10^{-3} - 10^{-4}	0.05
Filamento de Tugsteno	10^{-2} - 10^{-1}	0.025
Sol	10^{-1} - 1	0.1
Arco de Soldar	1 - 10^{+1}	0.02
Láser (1 mW)	10^{+2} - 10^{+3}	0.01

los fotorreceptores son una sola capa de células fuertemente pigmentadas, el epitelio pigmentario, que absorbe una gran parte de la luz que pasa a través de la retina neural, el pigmento del epitelio actúa como una cortina oscura para absorber y evitar la retrodispersión de esos fotones que no se absorben en los segmentos exteriores de los bastones y conos. La propia retina neural es casi transparente a la luz. La mayor parte de la radiación óptica que llega a la retina es convertida en calor por el epitelio pigmentario y la coroides. Cantidades suficientemente grandes de luz pueden generar suficiente calor para dañar la retina.
La investigación en las últimas décadas ha demostrado que para una energía radiante entre 400 y 1400 nm, hay al menos tres mecanismos diferentes que conducen al daño retiniano, estos son:

1. Daño térmico por duraciones de pulso que se extienden desde microsegundos a segundos.
Excepto por variaciones menores en la transmisión a través de los medios oculares y variaciones de absorbancia en el epitelio pigmentado y la coroides, el daño térmico no es dependiente de la longitud de onda.
2. Daño fotoquímico por exposición a longitudes de onda cortas en el espectro visible para duraciones de tiempo y densidades de potencia en la retina que excluyen los efectos térmicos.
El daño fotoquímico depende de la longitud de onda.

3. Daño mecánico (onda de choque) por pulsos de picosegundos y nanosegundos de láseres.

En términos de tiempo de exposición y longitud de onda, no hay una transición abrupta de un tipo de daño al otro. Varios investigadores han demostrado que la exposición prolongada a la luz puede causar daños en la retina de algunos animales. Por ejemplo, cuando se somete a ratas y ratones a una luz fluorescente blanca fría durante períodos prolongados (de semanas a meses), se vuelven ciegos. El examen histológico revela que los fotorreceptores de la retina de estos animales han degenerado. Aunque los fotorreceptores de la retina de roedores pueden dañarse con exposiciones prolongadas a niveles relativamente bajos de luz blanca, tal daño en primates se ha demostrado sólo con los ojos dilatados y en una exposición continua de 10.800 lux durante 12 horas. Exposición del ojo de mono sin dilatar a esa iluminancia durante 12 horas por día durante 4 semanas no produjo daño a los fotorreceptores. [34]

3.3.3 EFECTOS IR

Muy poca radiación IR de longitudes de onda superiores a 1400 nm llega a la retina, pero tal radiación puede producir efectos oculares que conducen a daño corneal y lenticular. Las cataratas por exposición a la radiación IR se han informado en la literatura durante mucho tiempo, pero hay pocos y no hay datos recientes para corroborar las observaciones clínicas. Hoy en día se cree que la radiación IR es absorbida por el iris pigmentado y convertida en calor que se conduce a la lente, en lugar de por absorción directa de radiación infrarroja en la lente.
Se ha informado que la cataractogénesis ocurre entre los sopladores de vidrio, los charcos de acero y otros, que se someten a una exposición ocupacional a largo plazo a la radiación IR. En la seguridad industrial actual estos daños prácticamente han eliminado este efecto.

3.4 EFECTOS DE LA RADIACIÓN ÓPTICA EN LA PIEL

La agudeza es la capacidad de resolver detalles finos y, en última instancia, está limitada por la difracción, las aberraciones y la densidad de fotorreceptores de la retina. Varios tipos diferentes de agudeza son reconocidos e implican varios niveles de visibilidad, desde la detección hasta el reconocimiento. Ver 4.2.7 Visibilidad de umbral y supraumbral.

3.4.1 PROPIEDADES DE LA PIEL

La reflectancia de la piel para longitudes de onda inferiores a 300 nm es baja, independientemente del color de piel; sin embargo, de 300 a 750 nm, la reflectancia depende de la pigmentación de la piel.
La transmisión de la radiación UV a través de la piel depende de la longitud de onda, el color de la piel (contenido de melanina) y grosor de la piel. En general, la transmisión aumenta con el aumento longitud de onda de 280 a 1200 nm. Por lo general, para los descendientes de europeos, la transmisión a través de la capa superior de la piel (estrato córneo) es del 35 % a 300 nm y del 60 % a 400 nm.
En Nuevo Méjico, en las personas de ascendencia africana, la transmitancia del estrato córneo es de aproximadamente 20% a 300 nm y 40% a 400 nm. La transmisión disminuye con el aumento del contenido de melanina de la piel y con el aumento del grosor de la piel. Los datos típicos se muestran en la Fig. 3.4

Figura 3.4 Transmitancia espectral de la piel para dos personas: (a) piel muy pigmentada y (b) piel ligeramente pigmentada. La línea sólida muestra la transmitancia espectral de sólo la parte superior de la capa de la epidermis, el estrato córneo. La línea discontinua muestra la transmitancia espectral de toda la epidermis.
Si bien el color de la piel es el resultado genéticamente determinado de una serie de factores, el principal factor es la melanina. La melanina protege contra el daño de los rayos UV al reducir la transmisión a través de absorción y dispersión. Su cantidad, tamaño de gránulo y distribución afectan el color de la piel.
El bronceado inmediato que ocurre con la exposición a la radiación UV-A y se extiende hasta la región visible es el oscurecimiento de la melanina existente. Resultados de bronceado retardados por UV es la estimulación de las células

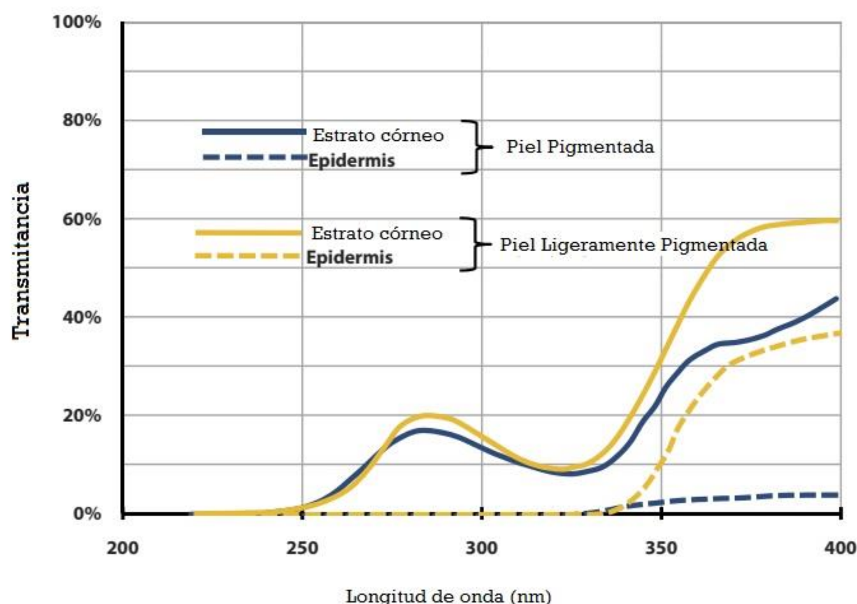
productoras de melanina (los melanocitos) para producir melanina adicional. La pigmentación de este proceso comienza inmediatamente a nivel subcelular. Su desvanecimiento requiere meses, ya que la melanina se pierde durante el proceso normal de muda.

3.4.2 ERITEMA

El enrojecimiento retardado (eritema actínico) de la piel causado por la exposición a la radiación UV es un fenómeno ampliamente observado. La eficiencia espectral de este proceso, particularmente para la radiación solar entre 290 y 320 nm, ha sido bien estudiado yreportado.
El espectro de acción del eritema para longitudes de onda inferiores a 290 nm varía considerablemente entre observadores debido a las diferencias en el grado de eritema tomado como criterio de valoración y diferencias en el tiempo de observación después de la irradiación. En el pasado, ni un solo-------

FIGURA 3.4 | TRANSMITANCIA DE LA PIEL

Transmitancia espectral de la piel para dos individuos: (a) piel muy pigmentada, y (b) piel ligeramente pigmentada. La línea sólida muestra la transmitancia espectral de sólo la capa superior de la epidermis, el estrato córneo. La línea discontinua muestra la transmitancia espectral para todo la epidermis.



-----espectro de acción eritemal había sido adoptado universalmente. En 1993, un espectro de eritema de referencia fue propuesto por la CIE, y debe suplantar las diversas funciones utilizadas en el pasado [35]. El eritema es un componente de la inflamación de la piel y resulta del aumento del volumen de sangre en los vasos cutáneos superficiales. Por lo tanto, la piel afectada puede estar caliente y tierna.
Aproximadamente 25 mJ/cm^2 de energía en la longitud de onda más efectiva (297 nm) provoca un enrojecimiento apenas perceptible en caucásicos de piel clara. Esta cantidad de energía efectiva se puede experimentar durante una exposición de 12 minutos bajo el sol en los trópicos donde la capa de ozono estratosférico es más delgada. Cuando el sol está a 20° de su cenit y el espesor de la capa de ozono es mayor, normalmente se requiere una exposición de 20 min para el mismo grado de enrojecimiento.
La exposición a la radiación UV (particularmente a altos niveles de irradiación) puede causar eritema inmediato. El desvanecimiento puede ocurrir unos minutos después de que cesa la irradiación y puede reaparecer después de 1 a

3 horas. A mayor dosis, más rápida la reaparición y más prolongada la persistencia de eritema.
Si el eritema es severo, la descamación de la piel puede comenzar aproximadamente a los 4 días después de la exposición. Este rápido desprendimiento de la capa superior de la piel resulta del aumento en la proliferación de células de la piel durante la recuperación después del daño UV. La descamación se lleva algunos de los gránulos de melanina estimulados por la radiación UV.
La fotoprotección, en su uso común, se refiere a la protección contra el daño de los efectos de la radiación óptica proporcionada por los filtros solares aplicados tópicamente a la piel. Estos protectores solares reducen el efecto de la exposición UV principalmente por absorción, pero también por reflexión en algunos casos. Algunos protectores solares son efectivos y relativamente resistentes al lavado, sudor o natación.

3.4.3 PRODUCCIÓN DE VITAMINA D

La radiación UV juega un papel importante en la producción de vitamina D en la piel.
La producción de vitamina D comienza con la radiación UV-B en la piel, transformando los aceites corporales que contienen colesterol en previtamina D. Estos son absorbidos por el cuerpo, transformados en la vitamina D y eventualmente aparecen en la sangre y se distribuyen a los órganos.
El espectro de acción de este efecto se ha determinado directamente en la piel humana, con un pico de efectividad cerca de 297 nm. El contenido de melanina en la piel, uso de protector solar y envejecimiento, disminuyen la capacidad de la piel para producir vitamina D. Además, tales efectos y factores ambientales como los cambios en la latitud, la estación y la hora del día también influyen en gran medida en la producción de vitamina D en la piel. Una mayor exposición a la luz solar da como resultado una mayor producción de vitamina D, que se puede detectar en la sangre. La mayor parte del requerimiento de vitamina D (más del 90%) para niños y adultos proviene de la exposición casual a la luz solar.
Las personas mayores o enfermas que, en consecuencia, podrían no estar expuestas a niveles ambientales normales de radiación UV dependen de fuentes dietéticas y suplementos para sus requerimientos de vitamina D [36].

Esta vitamina es esencial para la absorción intestinal normal de calcio y fósforo de la dieta y para la mineralización normal de los huesos. La deficiencia de vitamina D provoca una deficiencia de calcio y fósforo en los huesos (de manera que se doblan, se fracturan o se vuelven dolorosos) y causa enfermedades que debilitan los huesos como el raquitismo en los niños y la osteomalacia en adultos. La intoxicación por vitamina D, por otro lado, conduce a una absorción excesiva de calcio y fósforo de la dieta y, en consecuencia, un efecto tóxico sobre el esqueleto. Hay también un aumento resultante en la concentración de calcio en sangre y una precipitación de calcio y de depósitos de fosfato en órganos vitales, causando daños permanentes o incluso la muerte.
La intoxicación por Vitamina D también provoca un aumento de la excreción de calcio en la orina, lo que puede producir cálculos renales o cálculos en la vejiga. Los casos leves de envenenamiento por vitamina D sólo conducen a un aumento de excreción urinaria de calcio.

3.4.4 RESPUESTA DEL SISTEMA INMUNITARIO Y CÁNCER DE PIEL

La fotoinmunología es el estudio de las radiaciones no ionizantes, predominantemente en la porción del espectro de radiación ultravioleta, en el sistema inmunológico. Los efectos fotoinmunológicos de los rayos UV son selectivos: sólo unas pocas respuestas inmunitarias se ven afectadas. Las alteraciones estudiadas en mayor detalle son la inducción de susceptibilidad a la neoplasia inducida por UV y supresión local sistémica de la hipersensibilidad de contacto. La mayoría de las observaciones se han hecho en sistemas animales de experimentación, aunque algunos efectos fotoinmunológicos han sido observado en humanos.
La radiación UV puede afectar la inmunidad sistemáticamente. Por ejemplo, la exposición de la piel a los rayos UV en un lugar del cuerpo pueden reducir la sensibilidad a los rayos UV en los sitios no expuestos. Esto probablemente ocurre a través de la liberación de mediadores de la piel en el sitio de exposición, que a su vez da como resultado la formación de linfocitos T supresores específicos de antígeno (células leucocitos); dichas células se han encontrado en el bazo de animales.

Las tres variedades de cáncer de piel son células basales, células escamosas y melanoma maligno.
La frecuencia de aparición está en el orden indicado, siendo el cáncer de células basales el más común. La prevalencia del carcinoma de células basales varía inversamente con la latitud. La prevalencia del cáncer de células basales y escamosas se correlaciona positivamente con la exposición a los rayos UV solares, pero existe alguna evidencia de que la exposición a los rayos UV después de los 10 años podría no contribuir al desarrollo de células basales cancerígenas.
Los cánceres de células basales y de células escamosas a menudo se curan si se tratan de inmediato. Los melanomas son considerablemente más raros, tienen una tasa de curación más pobre y muestran una correlación más pobre con la exposición UV. Si las fuentes de luz eléctrica de uso común proporcionarían suficiente radiación UV y aumentarían el riesgo cancerígeno, no es seguro. Las lámparas halógenas de envolvente de cuarzo sin filtrar pueden emitir suficiente radiación UV para inducir eritema actínico en personas que trabajan bajo ellas durante períodos prolongados a altas iluminancias. Las luminarias halógenas de cuarzo suelen incluir filtros de vidrio para reducir las emisiones UV. La Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE) concluye que no hay evidencia suficiente para apoyar la hipótesis de que las lámparas fluorescentes comunes pueden causar melanoma maligno [37].

3.5/ FOTOTERAPIA

La radiación óptica se ha utilizado terapéuticamente en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo dermatología, fotoquímica, psiquiatría y oncología. Una variedad de enfermedades han sido tratadas con energía visible o UV, solos o en combinación con medicamentos sensibilizantes. Algunas formas de tratamiento como la fotoquimioterapia han sido establecidos durante décadas, mientras que otros, como la terapia con láser de bajo nivel, siguen siendo experimentales.

3.5.1 TRASTORNO AFECTIVO ESTACIONAL (SAD)

El Trastorno Afectivo Estacional (SAD) ha sido formalmente descrito en la literatura científica e incluido en el manual de diagnóstico la última edición de la American Psychiatric Association (APA), DSM-IV-TR [38]. Estudios independientes en Estados Unidos y Europa sugieren que la depresión de invierno es un síndrome generalizado. Un estudio de la frecuencia de manifestación SAD en la costa este de los Estados Unidos estima que SAD ocurre en menos del 2% de la población de Florida, pero en New Hampshire casi el 10% de la población muestra síntomas durante el otoño y el invierno. A partir de este estudio, se ha proyectado que hasta 10 millones de estadounidenses tienen SAD y posiblemente otros 25 millones tienen susceptibilidad a una forma subclínica más leve de SAD.
Las personas afectadas por esta enfermedad experimentan una drástica disminución de su energía física y resistencia durante los meses de otoño e invierno. A medida que los días se acortan, las personas con SAD a menudo les resulta cada vez más difícil cumplir con las demandas rutinarias en el trabajo y en el hogar. Además de esta disminución general de energía, las personas que padecen SAD experimentan depresión emocional, sentimientos de desesperanza y desesperación. Otros síntomas de la depresión de invierno o SAD puede incluir mayor somnolencia y necesidad de dormir, mayor apetito (particularmente por dulces y otros carbohidratos) y un deseo general de retirarse de la sociedad.
Afortunadamente, se ha descubierto que la terapia de luz diaria reduce de manera efectiva los síntomas en muchos Pacientes.
Se ha realizado una considerable investigación para determinar la iluminación, la exposición y la hora del día óptimas para el tratamiento con luz de la depresión invernal. La mayoría de los estudios que utilizan cajas de luz indican que las iluminancias de 2.500 a 10.000 lx producen fuertes resultados terapéuticos en el tratamiento del SAD. Al determinar la mejor dosis de luz, la intensidad y la duración de la exposición deben considerarse juntas. Las respuestas terapéuticas más fuertes han sido documentadas con una exposición de 2.500 lx durante 2 a 4 h y con una exposición de 10.000 lx durante 30 minutos.
La evidencia actual apoya la hipótesis de que la terapia de luz funciona a través de una vía ocular a diferencia de un mecanismo dérmico o transdérmico. Varios estudios han investigado el espectro de acción de la fototerapia SAD. En última instancia, una acción completamente definida del espectro puede guiar el desarrollo de dispositivos de tratamiento de luz

y producir información importante sobre el mecanismo fotosensorial responsable de los efectos beneficiosos de la terapia de luz. La investigación actual muestra claramente que los síntomas del SAD pueden reducirse con lámparas que emiten poco o nada de UV. Por lo tanto, la radiación UV no parece ser necesaria para obtener resultados terapéuticos positivos.

La mayoría de los ensayos clínicos que tratan la depresión invernal han empleado luz blanca emitida por lámparas disponibles comercialmente. La luz blanca que se usa para tratar el SAD puede ser proporcionada por una gama de tipos de lámparas, incluidas incandescentes y fluorescentes. Pero en óptica de longitud de onda corta se ha demostrado que la radiación de los LED es más eficaz en el tratamiento del SAD que la radiación de longitud de onda larga. [39][40]

3.5.2 ENFERMEDAD DE LA PIEL

La radiación ultravioleta se utiliza para el tratamiento de diversas enfermedades de la piel, como la psoriasis y el eccema. Las longitudes de onda más efectivas parecen estar en la porción UV-B del espectro.

Los pacientes generalmente reciben una pequeña exposición de todo el cuerpo a una dosis de radiación de tres a cinco veces a la semana. La dosis está justo por debajo de la que produjo el eritema. Generalmente de veinte hasta cuarenta tratamientos se requieren de este tipo para aclarar la piel. Los tratamientos de mantenimiento son entonces necesario a intervalos semanales para controlar la condición hasta que ocurra la remisión. Varios tipos de fuentes de radiación se han utilizado, pero en este momento las lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos son preferidas. Los efectos adversos de este tratamiento son poco frecuentes, excepto a corto plazo el problema del eritema.

El fotoenvejecimiento de la piel y presumiblemente el cáncer de piel son potenciales problemas a largo plazo, aunque no se ha evaluado el grado de riesgo de este último efecto completamente.

La fotoquimioterapia se define como la combinación de radiación óptica y un fármaco para llevarlos a un efecto beneficioso. Por lo general, en las dosis utilizadas, ni el fármaco solo ni la radiación sola tienen actividad biológica significativa; es sólo la combinación de fármaco y radiación que es terapéutica. PUVA (psoraleno y UV-A) es un término que se utiliza para describir la administración de psoraleno y posterior exposición a UV-A. PUVA ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de la psoriasis, el vitíligo, ciertas formas de eccema grave, un trastorno maligno llamada micosis fungoide, y una lista creciente de otros trastornos de la piel.

Los psoralenos son sustancias químicas naturales, algunas de las cuales pueden ser fotoactivadas por los rayos UV-A. En los sistemas de células vivas, la absorción de energía de los fotones dentro de los 320 a 400 nm de banda de onda (con un pico ancho de 340 a 360 nm) da como resultado la inhibición transitoria de síntesis de ADN. Cuando ciertos psoralenos se administran a la piel ya sea por aplicación directa o por vía oral, la exposición posterior a los rayos UV-A puede provocar enrojecimiento y bronceado, que tienen un inicio tardío y ocurren horas o días después de la exposición. El enrojecimiento, o inflamación de la piel, por PUVA puede ser severa y es el factor limitante durante el tratamiento.

Debido a que las enfermedades de la piel se pueden tratar con exposiciones a dosis de PUVA que son menores que las que causan enrojecimiento severo, la dosimetría cuidadosa permite tratamientos seguros. Pigmentación resultante de PUVA parece histológica y morfológicamente similar a la verdadera melanogénesis (retraso del bronceado).

El sol se puede utilizar como fuente de radiación PUVA, pero tiene la desventaja de que la radiación ultravioleta y la distribución espectral son impredecibles y variables en la superficie de la tierra. En pacientes bronceados o pigmentados, pueden requerirse largos tiempos de exposición, por ejemplo, la duración de la exposición tanto para la parte delantera como para la trasera del cuerpo puede ser dos o tres veces mayor que la necesaria para un solo tratamiento de cuerpo completo en un sistema de fotoquimioterapia, algunos pacientes, sin embargo, están dispuestos a tolerar el calor y el aburrimiento de la exposición al sol para tener la ventaja del tratamiento en el hogar. Se requiere sol intenso, cielos despejados, dispositivos de medición, instrucción cuidadosa y pacientes inteligentes, cooperativos y motivados para hacer su terapia PUVA una alternativa razonable al tratamiento en el hospital o en el consultorio.

La exposición a altas radiaciones de UV-A durante períodos prolongados de tiempo puede causar cataratas y cáncer de piel en animales de laboratorio. Estos efectos se potencian con los psoralenos. Las exposiciones utilizadas en estos estudios son mucho mayores que las exposiciones terapéuticas. Observaciones en sistemas animales indican que el grado de inducción del cáncer de piel varía con la dosis y la vía de administración de psoraleno y exposición UV. Tanto de células basales como de células escamosas.

Se han observado carcinomas en pacientes tratados con PUVA. La incidencia de estos tumores es más alto en pacientes con antecedentes de exposición a radiación ionizante o un carcinoma cutáneo previo. Estos hallazgos sugieren que el riesgo potencial de carcinogénesis cutánea relacionada con PUVA debe sopesarse cuidadosamente frente al beneficio potencial de esta terapia. Se debe tener especial cuidado en el tratamiento de pacientes con antecedentes de carcinoma cutáneo o exposición a radiaciones ionizantes.

Parece prudente limitar el uso de la fotoquimioterapia con psoraleno a aquellos con enfermedad de la piel y usar protección ocular UV-A adecuada durante el curso de la terapia. Después de ingerir psoralenos, los pacientes deben proteger sus ojos por lo menos durante el resto de ese día. Los médicos deben estar conscientes de estas preocupaciones teóricas y deben observar cuidadosamente a los pacientes en busca de signos de daño actínico acelerado. Gafas que son opacas a UV-A disminuyen la exposición UV-A total a la lente y debe usarse en los días de tratamiento.

3.5.3 HIPERBILIRRUBINEMIA

La hiperbilirrubinemia en recién nacidos se conoce más comúnmente como ictericia del recién nacido.

Se estima que el 60% de todos los bebés nacidos en los Estados Unidos desarrollan ictericia durante la primera semana de vida y que alrededor del 7 al 10% de los recién nacidos tienen hiperbilirrubinemia de gravedad suficiente para requerir atención médica.

La ictericia es el síntoma y no la enfermedad. Resulta de la acumulación de un pigmento amarillo, bilirrubina, como resultado de la incapacidad del bebé para deshacerse de la bilirrubina tan rápidamente como se produce. La bilirrubina se deriva principalmente de la degradación de la hemoglobina. En concentraciones normales, la bilirrubina se transporta en la sangre y se excreta en la orina. Los bebés con hiperbilirrubinemia carecen de la capacidad de excretar bilirrubina de manera normal.

En los recién nacidos, cantidades elevadas de bilirrubina circulan en la sangre. Este es un resultado de degradación normal de glóbulos rojos junto con la inmadurez funcional del hígado en el recién nacido. Los niveles máximos de bilirrubina generalmente ocurren en recién nacidos sanos a término entre el segundo y quinto día de vida. Hacia el séptimo día de vida, por lo general disminuyen a la normalidad a niveles de adultos. En el caso de los bebés prematuros, los niveles máximos de bilirrubina aumentan más lentamente y luego declinan lentamente a niveles adultos durante un período de hasta cuatro semanas.

A medida que aumenta la concentración plasmática de bilirrubina, existe el peligro de permitir la libre circulación de la bilirrubina y que penetre la barrera hematoencefálica y se acumule en el cerebro, produciendo así encefalopatía por bilirrubina y daño irreversible por lesión tóxica en el cerebro. La fototerapia se puede utilizar para prevenir el peligroso aumento de la bilirrubina plasmática.

Por lo general, la fototerapia se administra con uno de tres tipos de sistemas: un sistema convencional o sistema de techo de lámparas fluorescentes, un foco de tungsteno-halógeno de techo, o una almohadilla de fibra óptica. Las fuentes de luz se pueden filtrar para maximizar la radiación en la región de longitud de onda corta visible y para minimizar la radiación ultravioleta e infrarroja innecesaria.

Los sistemas aéreos pueden ser portátiles o incorporarse a incubadoras, calentadores radiantes o moisés. Por lo general, se montan a una distancia de 25 a 50 cm del bebé, según la intensidad requerida. Debido a la apariencia azul de la iluminación de estos sistemas, los cambios en el color de la piel del bebé pueden ser difíciles de detectar. La iluminación azul también puede contribuir a la irritación o las náuseas en algunos cuidadores. La Academia Americana de Pediatría (AAP) recomienda radiación en el rango azul-verde: 430-490 nm en sistemas de fototerapia aérea [41]. La fototerapia debe llevarse a cabo únicamente bajo la supervisión de un médico capacitado.

3.6 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA GERMICIDA

La radiación electromagnética en el rango de longitud de onda entre 180 y 700 nm es capaz de matar muchas especies de bacterias, mohos, levaduras y virus. La eficacia germicida de las diferentes regiones de longitud de onda pueden variar en

varios órdenes de magnitud, pero las longitudes de onda menores de 300 nm son generalmente las más efectivas para fines bactericidas.

3.6.1 ESPECTROS DE ACCIÓN

La bacteria más utilizada para el estudio de los efectos bactericidas es Escherichia coli.
Los estudios han demostrado que el rango de longitud de onda más eficaz está entre 220 y 300 nm, correspondiente al pico de absorción fótica por el ácido desoxirribonucleico bacteriano (ADN). La absorción de la radiación UV por la molécula de ADN produce mutaciones o muerte celular. La efectividad relativa de diferentes longitudes de onda de radiación para matar a una cepa común de E. coli se muestra en la Tabla 3.4

Cuadro 3.4 | Eficiencia Germicida Aproximada de la Radiación Óptica UV en varias Líneas de Emisión de Mercurio

Longitud de onda (nm)	Eficiencia Germicida
235.3	0.35
244.6	0.58
248.2	0.7
253.7	0.85
257.6	0.94
265.0	1
265.4	0.99
267.5	0.98
270.0	0.95
275.3	0.81
280.4	0.68
285.7	0.55
289.4	0.46
292.5	0.38
296.7	0.27
302.2	0.13
313.0	0.01

3.6.2 FUENTES

El método más práctico para generar radiación germicida es mediante el paso de una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio a baja presión encerrado en un tubo de vidrio especial que transmite radiación ultravioleta de onda corta. Aproximadamente el 95% de la energía de dicho dispositivo se irradia a 253,7 nm, que está muy cerca de la longitud de onda correspondiente a la mayor eficacia letal. Estas lámparas vienen en varios tamaños y formas, incluyendo lineales y fuentes compactas.
Las lámparas germicidas de cátodo caliente son similares en dimensiones físicas y características eléctricas a las lámparas fluorescentes estándar. Si bien ambos tipos de lámparas funcionan con los mismos equipos auxiliares, las lámparas

germicidas no contienen fósforo y la envolvente está hecha de un vidrio que transmite UV. Los sobres de cuarzo se utilizan para algunas lámparas germicidas.
Las lámparas germicidas son lámparas de encendido instantáneo capaces de operar a varias densidades de corriente, dentro de su rango de diseño, de 120 a 420 mA, dependiendo del balasto con el que se estén usado. Las lámparas germicidas de cátodo frío son lámparas de encendido instantáneo con un cátodo cilíndrico.
Se fabrican en muchos tamaños y funcionan con un transformador.
La vida útil de las lámparas germicidas delgadas y de cátodo caliente se rige por la vida útil del electrodo y frecuencia de arranques. (Su vida efectiva a veces está limitada por la transmisión del bulbo, particularmente cuando se opera a bajas temperaturas.) Las lámparas de electrodos de cátodo frío no se ven afectadas por el número de arranques, y su vida útil está determinada enteramente por la transmisión de la bombilla. Todos los tipos de lámparas germicidas experimentan una disminución en la emisión UV a medida que aumenta el total de horas de funcionamiento. Las lámparas deben revisarse periódicamente para determinar la salida de UV para garantizar que se mantenga su eficacia germicida.
La mayoría de las lámparas germicidas funcionan de manera más eficiente en aire quieto a temperatura ambiente.
Para las mediciones de eficiencia de la lámpara, la salida UV se estandariza a temperatura ambiente de 25°C. Las temperaturas más altas o más bajas que esto disminuyen la salida de la lámpara.
Lámparas germicidas delgadas que funcionan con corrientes que van de 300 a 420 mA y ciertas lámparas germicidas de precalentamiento operadas a 600 mA son excepciones a esta norma general.
Con estas cargas de alta corriente, la temperatura de la lámpara está por encima del valor normal para su funcionamiento óptimo; por lo tanto, el enfriamiento del bulbo no tiene el mismo efecto adverso como con otras lámparas. Estas lámparas son muy adecuadas para su uso en conductos de aire acondicionado.
Además de las emisiones a 253,7 nm, algunas lámparas germicidas generan una cantidad de radiación de 184,9 nm, que produce ozono. Dado que el ozono es altamente tóxico, sus concentraciones ambientales han sido limitadas por Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) mandato reglamentario a 0,1 partes por millón (ppm), o 0,2 mg/m^3 [42]. Se debe tener cuidado al elegir lámparas germicidas para cumplir con los requisitos de estas regulaciones.

3.6.3 EFECTIVIDAD

La eficacia de la radiación germicida depende de muchos parámetros, incluido la susceptibilidad específica del organismo, la longitud de onda de la radiación emitida, el flujo radiante y el tiempo de exposición. [43] La eficacia germicida es proporcional al producto de la irradiancia y el tiempo (de 1 ms a varias h). Existe una relación no lineal entre la exposición a los rayos UV y la eficacia germicida. Por ejemplo, si cierta exposición a los rayos UV mata 90% de una población bacteriana, duplicar el tiempo de exposición a la irradiación puede matar sólo 90% del 10% residual, para una eficacia germicida global del 99%. Asimismo, una disminución del 50 % en la irradiación o el tiempo de exposición disminuye la eficacia germicida sólo del 99 % al 90 %.
La humedad puede reducir la eficacia de la radiación ultravioleta germicida.

3.6.4 CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN

Con el resurgimiento de formas de enfermedades transmitidas por el aire resistentes a múltiples fármacos (por ejemplo, Mycobacterium tuberculosis), se está prestando nueva atención al uso de sistemas de mezcla de aire UV para prevenir la transmisión. Estos sistemas pueden proporcionar controles rentables en áreas ubicadas estratégicamente y posiblemente en todo el edificio.
En habitaciones ocupadas, la irradiación por una lámpara germicida de luminaria de aplicación directa debe limitarse al área por encima de las cabezas de los ocupantes. El techo de la habitación que se va a desinfectar debe tener una altura superior a 2,9 m (9,5 pies) y los ocupantes no deben permanecer en la habitación durante más de 8 h. Si cualquiera de las condiciones anteriores no cumple con los requisitos del espacio de trabajo, se debe usar equipo con persianas para evitar

altas concentraciones localizadas de flujo que puede dirigirse a los ocupantes de la habitación. Luminarias de celosía que usan fuentes compactas y balastos electrónicos pueden proporcionar opciones de habitación superior montadas en la pared, en la esquina y colgantes que ahorran energía. Algunas de estas luminarias cumplen con los límites de OSHA y NIOSH para habitaciones con techos de 2,9 m para unidades de superficie y colgantes a una altura de al menos 3 metros [44] [45] [46][47]. Una irradiación promedio de 20 a 25 mW/cm^2 es efectiva para la circulación lenta del aire superior y mantiene libre de organismos de enfermedades respiratorias comparable al aire exterior. El rendimiento del equipo es una consideración adicional [51].

La desinfección del aire superior, tal como se practica en áreas como hospitales, escuelas, clínicas, cárceles, refugios, sistemas de transporte y oficinas, puede ser eficaz para proporcionar aire relativamente libre de bacterias al nivel de respiración de los ocupantes de la habitación. Movimiento de personal, calor corporal y los métodos de calefacción en invierno crean corrientes de convección a través de una habitación suficientes para mezclar el aire de la habitación superior e inferior. Todas las superficies irradiadas por la radiación germicida UV (incluidos los techos y las paredes superiores) deben tener una reflectancia UV inferior al 5% (característica de la mayoría de los aceites y algunas pinturas al agua). Yeso de “capa blanca” o panel de yeso y losetas acústicas pueden tener reflectancias germicidas más altas y siempre deben pintarse con una sustancia menos reflectante. Las paredes y los techos de yeso blanco sin pintar pueden limitar la seguridad a la exposición a sólo 2 a 3 h incluso con luminarias de persianas. Estas precauciones son especialmente importante en las salas de bebés de los hospitales porque los niños son más sensibles a la radiación ultravioleta que los adultos. Otras consideraciones incluyen la seguridad y el rendimiento del equipo.

En los quirófanos donde se realiza una cirugía prolongada, se montan fuentes UV encima de las puertas para desinfectar el aire que entra por las puertas. Protección facial y de la piel son obligatorios para cualquier persona que pase por estas puertas.

Es posible proporcionar un nivel suficientemente alto de radiación UV para matar del 90 al 99% de la mayoría de bacterias dentro de tiempos de exposición muy cortos a las velocidades habituales del aire del conducto. Las instalaciones de conductos son especialmente valiosas donde los sistemas de calefacción y ventilación de aire central recirculan el aire a través de todas las áreas aisladas de un edificio. Lámparas germicidas delgadas, especialmente diseñadas para conductos fríos de alta velocidad, comúnmente se instalan dentro de las puertas de acceso a los lados de los conductos, ya sea a lo largo o a través del eje del conducto. Siempre que sea posible, la mejor ubicación para las lámparas están a través del conducto para asegurar un viaje más largo de la energía antes de que las paredes del conducto las absorba y promueva la turbulencia para compensar la variación en los niveles de radiación UV a lo largo del conducto. Las lámparas deben limpiarse periódicamente porque la acumulación de polvo reduce la emisión de rayos ultravioleta.

3.6.5 PRECAUCIONES

La exposición a la radiación ultravioleta germicida puede producir lesiones oculares y eritema cutáneo y produce cáncer de piel en animales de laboratorio [48][49][50]. La Conferencia Americana de Límite de Higienistas Industriales y del Gobierno (ACGIH) para la exposición de personas sin protección de la piel o los ojos a la radiación a 253,7 nm es de 6 mJ/cm^2 en un período de 8 horas. Por ejemplo, esta limitación conservadora sería de 0,2 mW/cm^2 para una exposición continua de 8 h, 0,4 mW/cm^2 para una exposición continua de 4 h y 10 mW/cm^2 para una exposición continua de 10 min. El tiempo máximo de exposición es de solo 1 min para 100 mW/cm^2. Algunas lámparas germicidas G30T8 comunes sin blindaje pueden emitir esta irradiación a una distancia de 0,75 m.

Con base en el potencial de producir queratitis umbral, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) ha propuesto que la mitad de la relación intensidad-tiempo establecida por ACGIH arriba se utilice como una exposición industrial segura para el ojo.

La protección de los ojos es esencial para todos los que están expuestos a la radiación directa o reflejada de lámparas que emiten radiación UV, especialmente aquellas lámparas germicidas que emiten radiación UV-C.

Ventana o placa de vidrio común o gafas protectoras que protejan los ojos de longitudes de onda más cortas de 340 nm suelen ser una protección suficiente. Sin embargo, si la radiación es intensa o está a la vista durante algún tiempo, se deben usar gafas especiales. Si no se usa la protección adecuada para los ojos, se pueden producir inflamaciones temporales pero dolorosas de la conjuntiva, la córnea y el iris; fotofobia; blefaroespasmo; y neuralgia ciliar. Para lograr

protección de la piel se recomienda usar ropa y guantes que sean opacos a la radiación germicida, si la intensidad de los rayos UV radiantes es alta o si la duración de la exposición es larga. La sobreexposición accidental puede evitarse educando a los trabajadores de mantenimiento. Señales de advertencia en los idiomas apropiados deben ser publicados.

3.7 CRITERIOS DE SEGURIDAD DE ILUMINACIÓN

Los límites de exposición humana a la radiación óptica no ionizante son valores de consenso. Los Valores Límite de Umbral (TLV) de la Conferencia de Higienistas Estadounidense de Gobiernos Industriales (ACGIH) normalmente se utilizan en los Estados Unidos y son ampliamente aceptados internacionalmente. Estos TLV se revisan y actualizan anualmente para representar los mejores consensos científicos actualizados para una exposición segura.

Se establece explícitamente que estos TLV "representan condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud." Debido a que se presentan como valores específicos, la preocupación podría surgir si una exposición supera uno de estos valores. La ACGIH aborda explícitamente esta preocupación al afirmar que los TLV son pautas, no puntos de corte específicos entre seguridad y exposiciones peligrosas.

Los TLV son la base de la práctica recomendada [52] de ANSI/IESNA RP-27.1-05. El documento cubre la radiación óptica de lámparas y sistemas de lámparas entre 200 nm y 3000 nm excepto para láseres y diodos emisores de luz utilizados en comunicaciones de fibra óptica. Este documento amplía y detalla los métodos para aplicar los criterios TLV, que se aplican a situaciones de exposición y puede describirse como sigue:

1. Efectos actínicos UV de fotoqueratitis y fotoconjuntivitis del ojo, y eritema (quemadura solar) de la piel. Se utiliza una función de ponderación espectral de 200 a 400 nm para representar colectivamente el peligro potencial de la radiación con respecto a estos efectos.
2. Cataratogénesis UV. Para disminuir una posibilidad de un mayor riesgo de cataratas debido a una larga exposición ocular a largo plazo a una radiación entre 320 y 400 nm debe limitarse como medida de precaución.
3. Lesión fotoquímica de la retina (peligro de "luz azul"). La imagen retinal de una fuente con altos niveles de energía principalmente entre 400 y 500 nm pueden producir lesiones fotoquímicas de la retina. La radiación entre 400 y 700 nm está espectralmente ponderada para establecer un potencial de lesión.
4. Energía térmica retinal. Ver una fuente de alta radiación puede elevar la temperatura de la retina. La potencia radiante entre 400 y 1400 nm es ponderada espectralmente por una función relacionada con la transmitancia ocular y la absorbancia retiniana. Porque la transferencia del calor retinal depende del área de la imagen, este criterio incluye el tamaño angular y la forma de la fuente. Este tipo de lesión es dominante sobre la lesión fotoquímica de la retina para exposiciones inferiores a 10 s.
5. Cataratogénesis IR. Exposición crónica a altos niveles de irradiación entre 770 y 3000 nm puede aumentar el riesgo de ciertos tipos de cataratas.
6. Lesión térmica de la piel. La lesión celular ocurre si la temperatura de la piel alcanza aproximadamente 45°C. Debido a que esta temperatura está asociada con un dolor intolerable, perjudicial y la exposición tiende a ser autolimitada por la incomodidad durante tiempos prolongados de exposición, y este criterio se aplica sólo a la exposición de corta duración a la radiación entre 400 y 3000 nm.

ANSI/IESNA RP-27.3 [53] amplía estos criterios para desarrollar una clasificación de grupos de riesgo para las lámparas. Las lámparas se dividen en cuatro grupos, cada uno asociado con un grado de peligro potencial. El grado absoluto de riesgo o seguridad no se puede determinar para la mayoría de las lámparas independientemente de su uso específico en una aplicación. Esta práctica recomendada define la exposición en condiciones, incluyendo tiempo y distancia, en base a la filosofía de los grupos de riesgo.

Usando las características de una lámpara, las exposiciones resultantes se evalúan de acuerdo con los criterios de ANSI/IESNA RP-27.1 para determinar la clasificación del grupo de riesgo para la lámpara. El sistema coloca una lámpara

en un solo grupo de riesgo en función de la probabilidad y gravedad del riesgo potencial. Requisitos de información y etiquetado de lámparas específicas se señalan para cada grupo de riesgo.
Los cuatro grupos de riesgo y la base filosófica de cada uno de ellos son los siguientes:

1. Grupo exento: La lámpara no presenta ningún riesgo fotobiológico dentro de los límites especificados en ANSI/IESNA RP-27.3.
2. Grupo de riesgo 1 (riesgo bajo): La lámpara no presenta ningún riesgo fotobiológico debido a limitaciones conductuales normales en la exposición.
3. Grupo de riesgo 2 (riesgo moderado): La lámpara no presenta ningún riesgo fotobiológico por la respuesta de aversión a fuentes muy luminosas o por malestar térmico.
4. Grupo de riesgo 3 (alto riesgo): La lámpara puede representar un peligro fotobiológico incluso para exposiciones momentáneas o breves.

Debido a la preocupación por la seguridad ocular y los productos que incorporan dispositivos emisores de tipo láser, incluidos ciertos diodos emisores de luz, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) han desarrollado normas para minimizar los riesgos de lesiones oculares por el uso de productos que contienen LEDs. Estos estándares incluyen niveles de MPE y métodos de prueba requeridos para productos que usan LED, así como recomendaciones de etiquetado de seguridad para los ojos según la cantidad y el tipo de emisión que producen estos productos, al igual que con otras fuentes de luz.

3.8 REFERENCIAS

[1] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 1999. CIE collection in photobiology and photochemistry. CIE no. 133-99. Vienna: Bureau Central de la CIE.

[2] [IES] Illuminating Engineering Society. 2008. IES TM-18-08. An overview of the impact of optical radiation on visual, circadian, neuroendocrine, and neurobehavioral responses. New York. IES.

[3] Provencio, I. 1998. Melanopsin: An opsin in melanophores, brain, and eye. The Proceedings of the National Academy of Sciences Online (US). 95(1):340-5.

[4] Provencio, I. 2000. A novel human opsin in the inner retina. Journal of Neuroscience. 20(2): 600-5

[5] Berson, D M, Dunn, FA, Takao M.2002. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science. 295(5557):1070-3

[6] Rea, M. 2005. A model of phototransduction by the human circadian system. Brain Res Rev. 50(2):213-28.

[7] Hattar, S. 2003. Melanopsin and rod-cone photoreceptive systems account for all major accessory visual functions in mice. Nature, 424(6944): 76-81.

[8] Berson D M. 2003. Strange vision: ganglion cells as circadian photoreceptors. In: Trends in Neurosciences. 26(6): 314-20.

[9] Provencio I, Rollag MD, Castrucci AM. 2002. Photoreceptive net in the mammalian retina. This mesh of cells may explain how some blind mice can still tell day from night. Nature. 415(6871): 493.

[10] Belenky, MA. 2003. Melanopsin retinal ganglion cells receive bipolar and amacrine cell synapses. J Comparative Neurology. 460(3): 380-93.

[11] Hattar, S. 2002. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. Science. 295(5557): 1065-70.

[12] Warman VL. 2003. Phase advancing human circadian rhythms with short wavelength light. Neuroscience Letters. 342(1-2): 37-40.

[13] Lockley SW, Brainard GC, Czeisler CA. 2003. High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light. J Clinical Endocrinology & Metabolism. 88(9): 4502-5.

[14] Belenky, MA. 2003. Melanopsin retinal ganglion cells receive bipolar and amacrine cell synapses. The Journal of Comparative Neurology. 460(3):380-93.

[15] Hannibal, J.2004. Melanopsin is expressed in PACAP-containing retinal ganglion cells of the human retinohypothalamic tract. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 45(11): 4202-9.

[16] Figueiro MG, Bierman A, Rea MS. 2008. Retianl mechanisms determine the subad-ditive respnse to polychromatic light by the human circandian sytem. Neurosci Lett. 438(2):242-245.

[17] Moore RY, Speh JC, Card JP. 1995. The retinohypothalamic tract originates from a distinct subset of retinal ganglion cells. The Journal of Comparative Neurology. 352(3): 351-66.

[18] Czeisler, CA. 1999. Stability, precision, and near-24-hour period of the human circa-dian pacemaker. Science. 284(5423): 2177-81.

[19] Klein DC, Moore RY, Reppert SM. 1991. Suprachiasmatic Nucleus: The Mind's Clock. New York, NY: Oxford University Press. 230p.

[20] Rea MS, Figueiro MG, Bullough JD. 2002. Circadian photobiology: An emerging framwork for lighting practice and research. Light Res Tech. 34(3):177-187.

[21] Zeitzer, JM. 2000. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: mela-tonin phase resetting and suppression. The Journal of Physiology. 526(Pt 3): 695-702.

[22] Boivin DB. 1996. Dose-response relationships for resetting of human circadian clock by light. Nature. 379(6565): 540-2.

[23] Cajochen C. 2000. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electro-encephalographic correlates of human alertness. Behavioral Brain Research.115(1): 75-83.

[24] Brainard, GC.2001. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. J Neuroscience. 21(16): 6405-12.

[25] Thapan, K, Arendt J, Skene DJ. 2001. An action spectrum for melatonin suppres-sion: evidence for a novel non-rod, non-cone pho-toreceptor system in humans. J Physiol-ogy. 535(Pt 1): p261-7.

[26] Warman VL. 2003. Phase advancing human circadian rhythms with short wave-length light. Neuroscience Letters. 342(1-2):37-40.

[27] Khalsa SB. 2003. A phase response curve to single bright light pulses in human subjects. The Journal of Physiology. 549(Pt 3): 945-52.

[28] Lockley S, Gooley JJ, Kronauer RE, Czeisler CA. 2006. Phase Response Curve to single one-hour pulses of 10,000 lux bright white light in humans. In: 10th meeting of the Society for Research in Biological Rhythms (SRBR). Sansestin, Fla.

[29] Ruger M.2005. Nasal versus temporal illumination of the human retina: effects on core body temperature, melatonin, and circadian phase. J Biological Rhythms. 20(1): 60-70.

[30] Wong KY, Dunn FA, Berson DM. 2005. Photoreceptor adaptation in intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. Neuron. 48(6):1001-10.

[21] Taylor HR, West SK, Rosenthal FS, Munoz B, Newland HS, Abbey H, Emmett EA. 1988. Effect of ultraviolet radiation on cataract formation. New Engl. J. Med. 319(22): 1429-1433.

[32] Parisi AV, Green A, Kimlin MG. 2001. Diffuse Solar UV Radiation and Implications for Preventing Human Eye Damage. Photochemistry and Photobiology 73(2):135-139.

[33] Delori FC, Webb RH, Sliney DH. 2007. Maximum permissible exposures for ocular safety (ANSI 2000), with emphasis on ophthalmic devices. JOSA A. 24(5):1250-1265.

[34] Sykes SM, Robinson WG, Waxier M, Kuwabara T. 1981. Damage to the monkey retina by broad-spectrum fluorescent light. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 20(4):425-34.

[35] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 1993. Reference action spectra for ultraviolet induced erythemal and pigmentation of different human skin types. CIE no 103/3. Vienna: Bureau Central de la CIE.

[36] Webb AR, Kline L, Holik MF. 1988. Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of vitamin D3: Exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote vitamin D3 synthesis in human skin. J. Clin. Endocrinol. Metab. 67(2):373-378.

[37] Muel B, Cersarini J-P, Elwood JM. 1988. Malignant melanoma and fluorescent lighting. CIE Journal 7(l):29-32.

[38] American Psychiatric Association. 2000. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 4 ed. Washington: American Psychiatric Association.

[39] Golden RN, Gaynes BN, Ekstrom RD, Hamer RM, Jacobsen FM, Suppes T, Wisner KL, Nemeroff CB. 2005. The efficacy of light therapy in the treatment of mood disorders: a review and meta-analysis of the evidence. Am J Psychiatry. 162:656–662.

[40] Glickman G, Byrne B, Pineda C, Hauck W, Brainard G. 2006. Light Therapy for Seasonal Affective Disorder with Blue Narrow-Band Light-Emitting Diodes (LEDs). Biological Psychiatry. 59(6):502-50.

[41] [AAP] American Academy of Pediatrics. Subcommittee on Hyperbilirubinemia. 2004. Management of Hyperbilirubinemia in the newborn infant 35 or more weeks of gestation. Pediatrics. 114(1):297-316.

[42] US Dept of Labor. Occupational Safety and Health Administration. 1910.1000 TABLE Z-1.

[43] Miller SL. 2002. Efficacy of ultraviolet irraditation in controlling the spread of tuberculosis. Report: Centers for Disease Control and Prevention. 200-97-2602.

[44] Dumyahn T, First M. 1999. Characterization of ultraviolet upper room air disinfection devices. Am Indus Hygiene Assoc J. 60:219-227.

[45] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 2003. Ultraviolet air disinfection. CIE no 155:2003. Vienna: Bureau Central de la CIE. 85p.

[46] [NIOSH] National Institute for Occupational Safety and Health. 2009. Environmental control for tuberculosis: basic upper-room ultraviolet germicidal irradiation guidelines for healthcare settings. NIOSH Publication 2009-105. Washington, DC. 87 p.

[47] [ASHRAE] American Society of Heating, Refrigeration, and Airconditioning Engineers. 2008. ASHRAE Handbook. Ch 16: Ultraviolet lamp systems. Atlanta, GA.

[48] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 2010. UlV-C photocarcinogenesis risks from germicidal lamps. CIE no 187:2010. Vienna: Bureau Central de la CIE. 23p.

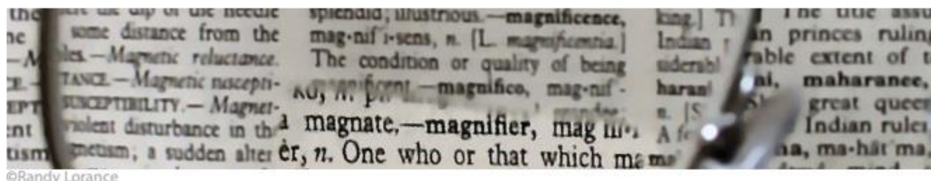
[49] Nardell EA, Bucher SJ, Brickner PW, Wang C, Vincent RL, Becan-McBride K. 2008. Safety of upper-room ultraviolet germicidal air disinfection for room occupants: Results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. Public Health Rep 123(1): 52-60.

[50] First MW, Weker RA, Yasui S, Nardell EA. 2005. Monitoring human exposures to upper-room germicidal ultraviolet irradiation. J Occup Environ. 2:285-92.

[51] First, MW, Banahan K, and T.S. Dumyahn. 2007. Performance of ultraviolet light germicidal irradiation lamps and luminaires in long-term service. Leukos 3(3):181-188.

[52] [IES] Illuminating Engineering Society. 2005. ANSI/IESNA RP-27.1-05. Photobiological Safety for Lamps and Lamp Systems-General Requirement. New York. IES.

[53] [IES] Illuminating Engineering Society. 2007. ANSI/IESNA RP-27.3-07. Photobiological Safety for Lamps and Lamp Systems-Risk Group Classificaiton. New York. IES.


©Randy Lorance

4 | PERCEPCIONES Y DESEMPEÑO

La forma en que vemos el mundo es un logro notable que requiere una explicación.
Irvin Rock, psicólogo experimental del siglo XX

Contenido

La iluminación es uno de los componentes del entorno construido que produce nuestras percepciones visuales y proporciona nuestro rendimiento visual. Actuando en conjunto con la geometría de la arquitectura, la iluminación ayuda a establecer cómo percibimos, evaluamos y reaccionamos ante un entorno. La iluminación también hace que el texto y los objetos sean visibles y determina, en parte, qué tan bien podemos realizar el trabajo visual; si leer un libro, manejar un torno o conducir un automóvil. Lo que percibimos y lo bien que lo realizamos está muy a menudo en manos del diseñador de iluminación.

Las percepciones son, en cierto sentido, parte de nuestra autoconciencia. Aunque no sepamos precisamente por qué un espacio parece pequeño, sombrío y tranquilo, lo reconocemos por serlo y cuando se le pregunte, lo describirá como tal. Sin embargo, a pesar de su proximidad a la superficie, las percepciones son difíciles de cuantificar y por lo tanto, aún no se han encontrado formas analíticas precisas para predecirlas.

No obstante, el diseño de iluminación puede basarse en el conocimiento de los factores que afectan percepciones y los principios generales que las rigen.

Aunque constantemente hacemos trabajo visual, generalmente tenemos una idea muy imperfecta de qué tan bien o mal lo hacemos. En ese sentido, el rendimiento visual está debajo de la superficie. Sin embargo, el desempeño, si se define con suficiente cuidado y detalle, puede medirse. Las evaluaciones de la experiencia, combinadas con tales mediciones, producen recomendaciones que pueden guiar los aspectos analíticos de la iluminación y pueden convertirse en recomendaciones.

Tanto en el caso de la percepción como del rendimiento, la psicofísica es el método de estudio y así que este capítulo comienza con una descripción de esa ciencia. De ahí se siguen los principios y ejemplos de percepción y las recomendaciones establecidas por las necesidades de redimiento.

4.1 PSICOFÍSICA: EL ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES Y RENDIMIENTO

La psicofísica es una subdisciplina de la psicología que analiza los procesos de percepción mediante el estudio de las relaciones entre los estímulos físicos y una respuesta humana, siendo la respuesta dada por el informe de una percepción o por la realización de una tarea. La psicofísica es la fuente de gran parte de la información sobre las percepciones visuales y el rendimiento que se utiliza en el diseño de iluminación. En los experimentos psicofísicos, las propiedades de los estímulos son variadas a lo largo de una o más dimensiones físicas y el cambio resultante en la experiencia de un sujeto se observa su comportamiento. El análisis posterior de estos datos se utiliza para probar hipótesis sobre las relaciones entre estímulos y percepciones, y evaluar la fiabilidad y los límites de modelos de visión o percepción construidos a partir de estas hipótesis [1] [2]. En la iluminación moderna el diseño y la ingeniería de iluminación se guían por estos modelos.

Los modelos de visión y percepción visual no pueden ser más confiables o aplicables que las relaciones encontradas por la psicofísica a partir de las cuales se construyen estos modelos. La fiabilidad y la utilidad de las relaciones entre los estímulos físicos y las percepciones visuales pueden variar considerablemente, desde débiles y poco confiables o de utilidad limitada, hasta sólidas y de gran generalidad.

Esta variabilidad surge porque los mecanismos visuales y perceptivos humanos son tan formidablemente complejos que por lo general es imposible establecer un vínculo ininterrumpido entre causa y efecto, con una comprensión completa de los mecanismos precisos implicados. Es decir, normalmente sólo la entrada (los estímulos) y la salida (la respuesta perceptiva) son conocidas. Sin una comprensión detallada de los mecanismos involucrados, inferencia cuidadosa, pruebas repetidas y el análisis son necesarios para desarrollar relaciones fiables y sólidas. Estas cualidades son reveladas por las características de las relaciones psicofísicas. Boyce ofrece una descripción útil y práctica de estos temas, de la que se deriva lo siguiente [34].

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS RELACIONES PSICOFÍSICAS ÚTILES

Los experimentos psicofísicos involucran variables dependientes o de salida que son las percepciones o comportamientos que se están estudiando y las variables independientes o de entrada que son los estímulos físicos para ver su efecto. Características importantes y útiles en las relaciones psicofísicas son: significancia estadística, tamaño del efecto, confiabilidad, causa y especificidad.

4.1.1.1 IMPORTANCIA ESTADÍSTICA

Esto evalúa si existe una relación entre las variables dependientes e independientes debido a la casualidad. Por convención, si el análisis estadístico muestra menos del 5 por ciento de probabilidad de causa casual, se supone que la relación es real. Porcentajes más bajos que el resultado son debidos a la casualidad y dan más confianza de que la relación es real.

4.1.1.2 TAMAÑO DEL EFECTO

El tamaño del efecto caracteriza cuánto de la varianza observada o cambio en la variable dependiente se explica por cambios en la variable independiente. Una sugerencia [3] para trabajo conductual y psicofísico es que los grandes efectos explican al menos el 25 por ciento de la varianza observada, los efectos medianos explican al menos el 9 por ciento, y los efectos pequeños explican sólo el 1 por ciento o menos. En algunos casos, los efectos de múltiples variables independientes, actuando individualmente o en combinación, en una variable dependiente se investigan. El tamaño de los efectos acumulativos de todas las variables independientes puede ser grande, aunque los tamaños de sus efectos individuales son pequeños.

4.1.1.3 CONFIABILIDAD

Esto está determinado por si la relación está respaldada por datos que provienen de la replicación de experimentos. Experimentos repetidos o experimentos usando diferentes procedimientos y que los sujetos no sólo pueden verificar la relación sino también ayudar a definir sus límites de aplicabilidad.

4.1.1.4 CAUSA

La causa es el mecanismo físico, neural, fisiológico o psicológico que se sabe que relaciona el cambio en la variable dependiente con el cambio en la variable independiente. La causa puede ser multifactorial. El conocimiento de la causa ayuda a identificar las condiciones en las que la relación se aplica y no se aplica.

La especificidad identifica el rango de condiciones bajo las cuales se mantiene una relación. La validez de una relación sobre una amplia gama de condiciones hace que sea de gran valor, pero por lo general requiere ya sea de un conocimiento de la causa del efecto o un extenso programa de experimentos.

Incluso con condiciones muy específicas, las diferencias individuales entre sujetos introducen incertidumbre en la relación. Ver 4.11.1 Resultados de la investigación.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS RELACIONES PSICOFÍSICAS DÉBILES

Algunas relaciones establecidas a partir de datos experimentales pueden ser débiles o de muy limitada utilidad debido a la naturaleza de los experimentos que produjeron los datos. En algunos casos las variables utilizadas en el experimento son vagas y difíciles de medir. Ejemplos son incomodidad, deslumbramiento y estado de ánimo. Evaluar estos como variables dependientes a menudo implica cuestionarios, pero estos han demostrado ser difíciles de diseñar y usar de manera que produzcan resultados confiables y datos estadísticamente defendibles [5] [6] [7]. Las respuestas de los sujetos a preguntas vagas o ambiguas hacen que los datos resultantes sean difíciles de interpretar y usar. El diseño experimental cuidadoso que minimiza el sesgo mediante el empleo de contrapeso y pruebas de condición nula da un largo camino hacia la producción de datos fiables y estadísticamente defendibles [8] [9].

Las relaciones a distancia son aquellas que se derivan de estudios en las variables dependientes e independientes están muy separadas en el tiempo o en el espacio. La separación en el tiempo se ejemplifica mediante estudios a largo plazo de la exposición a la radiación óptica [10]. Puede ser muy difícil de eliminar la influencia de otras variables independientes en tales estudios. Separación en el espacio—real o metafórico—se ejemplifica en estudios en los que la variable independiente afecta a la variable dependiente por medios muy indirectos. Este es

el caso, por ejemplo, en estudios que intentan relacionar la productividad o el desempeño de tareas con aspectos de la calidad de la iluminación distintos de la tarea visual.
Dichos estudios no han revelado efectos estadísticamente significativos.
Las relaciones diluidas son aquellas en las que interviene un gran número de variables entre las variables dependientes e independientes. Ejemplos de estudios que pueden producir relaciones muy diluidas son aquellas que buscan vínculos entre la iluminación natural y el rendimiento estudiantil [3]. En estos casos, puede ser muy difícil eliminar el efecto de las variables que intervienen, como la calidad del aire interior y el ruido, y luego evaluar el efecto de sólo las variables independientes de interés, como la iluminación natural.

4.1.3 PSICOFÍSICA E ILUMINACIÓN

Las relaciones establecidas por la psicofísica se utilizan en el diseño de iluminación y la ingeniería de iluminación de varias maneras:

• Establecer criterios de diseño de iluminación,
• Proporcionar orientación sobre el diseño de iluminación,
• Servir como base para las herramientas de análisis,
• Ayudar a evitar la mala iluminación, y
• Guía de diseño en equipos de iluminación

Los criterios de diseño se pueden obtener de relaciones que son particularmente confiables, robustas y específicas. Un ejemplo de esto es la relación entre el desempeño de tareas visuales y factores de contraste de tarea, tamaño y luminancia de fondo. Pero incluso en este caso, la experiencia, el juicio y el consenso suelen ser necesarios para establecer los criterios de diseño de iluminación.
Aunque las relaciones menos sólidas por lo general no pueden servir como base para los criterios de diseño, pueden y seguirán siendo útiles como guía para el diseño de iluminación. Un ejemplo es la relación entre las impresiones de amplitud y la distribución de la luminancia superficial en un espacio interior: la iluminación de las paredes o superficies periféricas aumenta la impresión de amplitud.
Las relaciones que se pueden convertir en modelos cuantitativos pueden servir como base para el software de computadora de análisis de iluminación, lo que permite una comparación sistemática entre los diseños de iluminación. Aunque es posible que no se puedan establecer criterios con estas relaciones, se pueden usar para ordenar los diseños de iluminación propuestos según alguna medida de calidad. Ejemplos son los modelos cuantitativos de incomodidad al deslumbramiento.
Las relaciones psicofísicas pueden ayudar al diseñador a evitar una iluminación deficiente o inapropiada.
Los ejemplos incluyen evitar la colocación inapropiada de equipos de iluminación que producirían un deslumbramiento molesto, o no establecer una relación de luminancia suficiente para un elemento arquitectónico a destacar.
El diseño de equipos de iluminación puede guiarse, en parte, por relaciones psicofísicas.
Los ejemplos incluyen la gestión de la magnitud y el patrón de brillo en los reflectores, la producción de distribuciones de intensidad adecuadas para la iluminación de acento y el diseño de equipos para producir un lavado de luz en una pared que tenga la apariencia de uniformidad.

4.2 PARÁMETROS BÁSICOS

El conocimiento del sistema visual y la experimentación psicofísica que arroja una comprensión de su funcionamiento revela ciertas cantidades que son fundamentales para una descripción de las percepciones visuales y el rendimiento. Por ejemplo, la visibilidad de un objeto depende de su tamaño y cuán diferentes son su luminancia y color de su entorno. De este modo, si la visibilidad del objetivo es guiar el diseño de iluminación, los parámetros que la determinan (tamaño y diferencia de luminancia, por ejemplo) debe definirse sin ambigüedades.

Teniendo en cuenta la gama de aspectos de las percepciones visuales y el rendimiento importantes para la iluminación, estas magnitudes fundamentales son: luminancia, la cantidad de luz que entra en el ojo y caída en la retina, el tamaño de una tarea visual, la luminancia y el contraste cromático de una tarea visual, la frecuencia espacial y el parpadeo. Los cambios en estas cantidades fundamentales afectan el rendimiento de umbral y supraumbral.

La luminancia, L, es el poder de emisión de luz de una superficie en una dirección particular, por unidad área, expresada en unidades de intensidad luminosa por unidad de área; normalmente en cd/m^2. Se describe y define en detalle en Luminancia 5.5.2.3. Los otros factores se discuten aquí.

4.2.1 LUZ QUE ENTRA EN EL OJO

La cantidad de luz que entra en el ojo está determinada por el tamaño de la pupila y las luminancias del objeto que se está viendo. Medida en trolandias.

Las trolandias son una medida ampliamente utilizada de la iluminancia retiniana en la ciencia de la visión y la óptica visual, pero existen desacuerdos para la definición e interpretación de esta unidad fotométrica. El propósito de esta comunicación es resolver la confusión proporcionando una base conceptual sólida para interpretar un troland como una medida de la densidad de flujo angular que incide sobre la retina. Usando un análisis óptico simplificado, mostramos que el valor troland de una fuente extendida es la intensidad en microcandelas de una fuente puntual equivalente ubicada en el punto nodal posterior del ojo que produce la misma iluminancia en la imagen retiniana que la fuente extendida. Esta interpretación óptica de troland revela que el flujo de luz total en la imagen de un objeto extendido es el producto del valor de troland de la fuente y el ángulo sólido subtendido por la fuente en el primer punto nodal, independientemente del tamaño del ojo.

El monto de esta luz está determinada por:

$$e_t = L\ A_p \tag{4.1}$$

Dónde:

L= luminancia del objeto en cd/m^2

A_p= área de la pupila en mm^2

4.2.2 ILUMINANCIA RETINAL

La cantidad de luz que llega a la retina es la cantidad que entra al ojo reducida por la transmitancia ocular de la córnea, el cristalino y los humores, y teniendo en cuenta la compensación de la línea de visión y la distancia de la retina a la pupila. Pero más importante que la cantidad de luz es la densidad de luz en la retina. Es decir, la iluminancia retiniana en lúmenes por metro cuadrado. Ver 5.6.1 Iluminancia. La iluminancia retinal se define usando la unidad troland en la siguiente función:

$$E_r = e_t \, \tau \, \frac{\cos(\theta)}{k^2} \qquad (4.2)$$

Dónde:

E_r= iluminancia retinal en Lm/m^2
e_t= cantidad de luz entrando al ojo en trolandias
ῖ= transmitancia ocular
ø= desplazamiento angular del objeto desde la línea visual
k= constante de valor 15

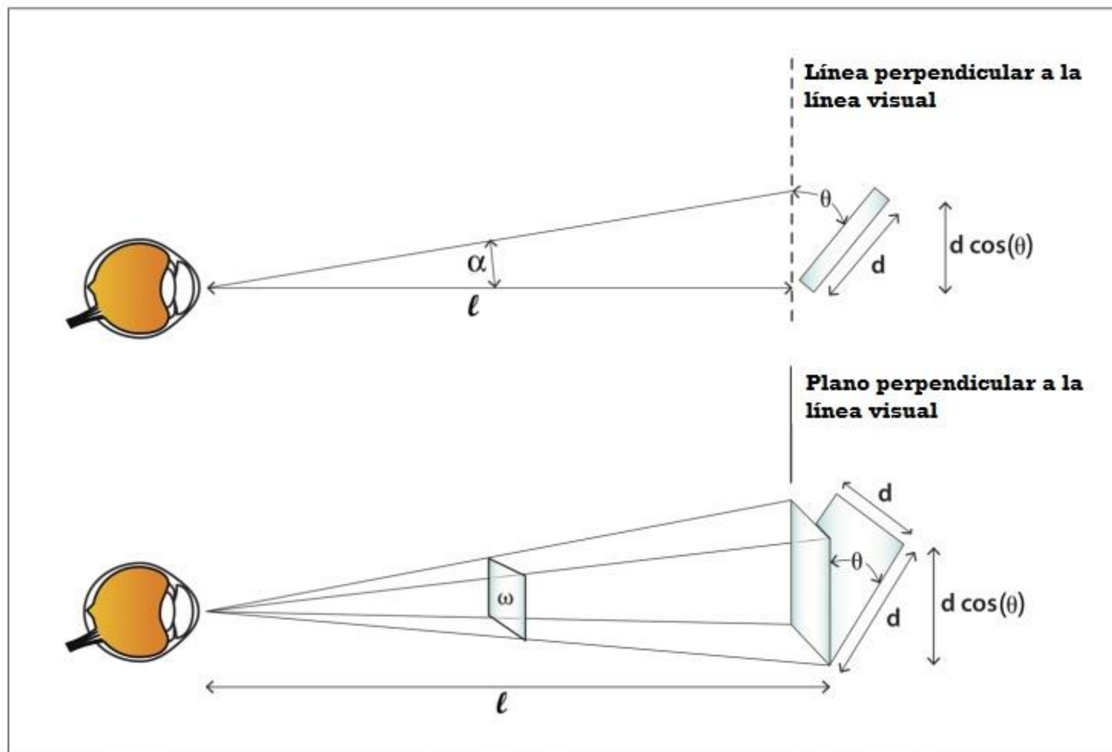
Cabe señalar que la cantidad de luz que entra en el ojo, e_t, medida en trolandias, es a menudo denominada iluminación retiniana. Esto es engañoso porque no tiene en cuenta la transmitancia de los medios oculares o la distancia pupila-retina, y por lo tanto no representa la densidad de flujo luminoso en la retina.

4.2.3 TAMAÑO VISUAL

El tamaño relevante de un objetivo es una medida angular y depende de las dimensiones físicas, d, del propio objeto; el ángulo de inclinación, θ, del objetivo a la normal de la línea de visión; y la distancia del espectador, l. Consulte la Figura 4.1. En el contexto de la visión, el tamaño siempre significa tamaño visual y se expresa como el ángulo del plano subtendido o el ángulo sólido subtendido.

FIGURA 4.1 | DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

Los cálculos de planos y ángulos sólidos del ángulo llano de un objeto visual es su extensión angular en un plano prescrito desde un mirador particular; es decir, es aparente al tamaño en una dimensión. El ángulo sólido es la extensión espacial del objeto visual desde un punto particular del mirador; es decir, su tamaño aparente en dos dimensiones. Ambos planos y ángulos sólidos son una función de la extensión física real del objeto, su distancia desde el punto de vista y su orientación con respecto al mirador.



4.2.3.1 ÁNGULO VISUAL

El tamaño se puede medir como un ángulo plano, α, que describe la extensión de un objeto en una dimensión, como se muestra en la Figura 4.1. El ángulo visual, α, de un objeto se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = 2\tan^{-1}\left(\frac{d\cos(\theta)}{2\ell}\right) \approx \frac{d\cos(\theta)}{\ell} \qquad (4.3)$$

Dónde:

d = **extensión unidimensional del objeto**
$\cos(\theta)$ = **coseno del ángulo de inclinación visual**
ℓ = **distancia desde el ojo al objeto**

La expresión aproximada en la Ecuación 4.3 se mantiene dentro del 5% si :
$d\cos(\theta)/\ell < 0.4$.

4.2.3.2 ÁNGULO SÓLIDO

En algunos casos, se requiere la medida en que un objetivo cubre la retina. El ángulo sólido puede ser usado para hacer esto. El ángulo sólido, representado por ω, define la extensión espacial de un objeto y describe su extensión en dos dimensiones, como se muestra en la Figura 4.1. Si el objeto es una simple área plana, su ángulo sólido se puede aproximar mediante la ecuación:

$$\omega \approx \frac{A \cos(\theta)}{\ell^2} \tag{4.4}$$

Dónde:

A = **área física del objeto**
$\cos(\theta)$ = **ángulo del inclinación visual**
ℓ = **distancia desde el ojo al objeto**

4.2.4 CONTRASTE DE LUMINANCIA

Un objetivo será visible sólo si difiere de su fondo inmediato en luminancia o color. Si difiere en luminancia del fondo inmediato, el objetivo (por ejemplo ,una letra negra en esta página) tiene un contraste de luminancia. El contraste de luminancia se define de varias maneras:

$$C = \left| \frac{L_t - L_b}{L_b} \right| \tag{4.5}$$

Dónde:

L_t = **luminancia del objetivo**
L_b = **luminancia del fondo**

Esta ecuación da como resultado contrastes de luminancia que oscilan entre 0 y 1 para objetivos que son más oscuros que sus fondos, y entre 0 e infinito para objetivos que son más brillantes que sus antecedentes. Esta ecuación se usa más a menudo en el primer caso, donde el fondo es más brillante que el objetivo (por ejemplo, el papel blanco que rodea a las letras negras en esta página)

$$C = \frac{L_g - L_l}{L_l} \tag{4.6}$$

Dónde:

L_g = luminancia mayor
L_l = luminancia menor

Esta ecuación da como resultado contrastes mayores que 0 para todos los objetos, ya sean más brillantes o más oscuros que sus antecedentes. Es especialmente aplicable en una situación como un patrón de dos partes, en el que ninguna de las áreas a ambos lados de la frontera puede identificarse como objetivo o fondo.

$$C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \tag{4.7}$$

Dónde:

L_{min} = luminancia mínima
L_{max} = luminancia máxima

La cantidad definida por esta ecuación a menudo se llama contraste, o contraste de Michelson, pero se llama más propiamente modulación. Da un valor entre 0 y 1 para todos los objetos. Se aplica a patrones periódicos, como rejillas, que tienen un máximo y un mínimo en cada ciclo. Debido a que hay varias definiciones diferentes de contraste de luminancia y las diferentes definiciones tienen diferentes rangos de valores posibles, es importante saber cuál es la definición que se utiliza cuando se especifica el contraste de un objetivo. Cuando un objetivo y su fondo son reflectores difusos e iluminados uniformemente, el contraste de luminancia no se ve afectado por el cambio de la iluminancia, por lo que el contraste de luminancia se puede calcular de las reflectancias. Sin embargo, si el objeto o el fondo son reflectores direccionales (por ejemplo, papel brillante y/o tinta brillante), se debe usar la luminancia para calcular el contraste. Cabe señalar que para calcular el contraste de luminancia, no importa cómo se logra la luminancia. No importa si la luminancia se produce por reflexión de una superficie, como una impresión; de una fuente autoluminosa, como una pantalla VDT; o por alguna combinación, como una visualización en una pantalla VDT con una imagen reflejada de la pared de habitación o luminaria superpuesta.

Nota: *VDT (terminal de visualización de vídeo, terminal de visualización)*
Un terminal de visualización de vídeo (VDT) es un tipo de terminal informático que muestra texto y gráficos en una pantalla de vídeo.

4.2.5 CONTRASTE CROMÁTICO

El color es otra diferencia que puede diferenciar un objetivo de su fondo inmediato y hacerlo visible. Esta diferencia es el contraste cromático. A diferencia de la dimensión única de la luminancia como estímulo, el color es multidimensional y por lo tanto la especificación precisa del contraste cromático es más difícil que el contraste de luminancia. El caso más simple implica discriminar entre luces monocromáticas. El sistema visual varía en su capacidad para discriminar entre longitudes de onda. Hay regiones de máxima discriminación de longitud de onda en el medio del espectro visible, pero la discriminación cae rápidamente en los extremos espectrales [11]. Del mismo modo, la capacidad de discriminar el tono del blanco es la longitud de onda dependiente. Los colores monocromáticos de los extremos del espectro visible son más fáciles discriminarlos del blanco porque están más saturados que los colores en medio del espectro [12].
La capacidad de discriminar colores no espectrales también está relacionada con sus cromaticidades [13].
Generalmente, la discriminación del color es mejor en la fóvea y disminuye hacia la periferia.
Sin embargo, la discriminación de color para campos muy pequeños (20 minutos de arco o menos) presentado a la fóvea es pobre porque hay muy pocos conos **S** de longitud de onda corta en el centro de la fóvea. La capacidad de discriminar entre colores se puede estimar en términos de distancias en un espacio de cromaticidad tridimensional uniforme. Ver 6.2.1 Diagramas de cromaticidad.

4.2.6 REFLEJOS DE VELO

Los reflejos de velo son reflejos luminosos de superficies especulares o semimates que cambian físicamente el contraste de la tarea visual y por lo tanto cambian el estímulo presentado al sistema visual. Dos factores determinan la naturaleza

y la magnitud de las reflexiones de tipo velo: la especularidad del material del objetivo y la geometría entre el observador, el objetivo y cualquier fuente de alta luminancia. Sólo se producen reflejos veladores si la tarea tiene un componente de reflexión especular. Las posiciones donde se velan los reflejos son producidas en aquellos en los que el rayo incidente correspondiente al rayo reflejado que llega al ojo del observador del objetivo y que proviene de una fuente de alta luminancia. Esto significa que la fuerza y la magnitud de dichos reflejos pueden variar dramáticamente dentro de una sola instalación de iluminación[14].
El efecto de los reflejos de velo sobre el contraste puede cuantificarse sumando la luminancia del reflejo de velo a los componentes apropiados en uno de los contrastes de luminancia de las fórmulas.

4.2.7 VISIBILIDAD DE UMBRAL Y SUPRAUMBRAL

El umbral es esa condición de visibilidad que produce un rendimiento visual justo por encima de lo que se obtendría por casualidad. Es decir, en justo por encima del 50%. El tipo de umbral para el rendimiento visual puede ser cualquier cosa, desde la mera detección de un simple objetivo en el eje de la la realización de una tarea visual compleja que involucra reconocimiento, cognición y motricidad como respuesta. En cada caso, el umbral se puede aplicar a cualquiera de los parámetros que afectan el rendimiento y, por lo tanto, es posible definir el contraste del umbral, la luminancia del umbral, tamaño del umbral y así sucesivamente. En condiciones de umbral, el sistema visual suele funcionar al niveles límites de su capacidad [14]. Las tareas simples de detección visual se han estudiado con gran detalle [15] y los datos para una condición particular se muestran en la Figura 4.2.

Supraumbral es esa condición de visibilidad por encima del umbral donde la iluminación adicional continúa influyendo en la velocidad y precisión con la que la información visual puede ser procesada. El rendimiento visual supraumbral se rige principalmente por los siguientes parámetros: iluminancia retiniana, contraste de la tarea, tamaño visual y las características del sistema de visión.
Estos factores afectan el rendimiento visual por encima del umbral de una manera que generalmente puede ser descubierto sólo por la psicofísica y a menudo, da como resultado modelos relativamente complicados que relacionan el rendimiento con estos factores.

4.2.8 FRECUENCIA ESPACIAL

Un objetivo visual en forma de tiras idénticas repetidas, que varían sinusoidalmente en luminancia en toda su extensión, es un estímulo fundamental para el sistema visual. Estos objetivos generalmente se denominan rejillas y se caracterizan por su contraste y un aspecto de su tamaño o forma llamada frecuencia espacial. La frecuencia espacial especifica el tamaño de un ciclo alto-bajo completo de luminancia en términos de ángulo visual plano; así tiene las unidades de ciclos por grado.
La Figura 4.3 muestra este arreglo. Secciones 4.5.2 Funciones de Sensibilidad de Contraste Espacial
y 4.8.2 Rol de la Visión Espacial describe la importancia de esto para la visión y la iluminación.

4.3 BRILLO

El brillo es la respuesta perceptiva a una fuente de luz, con la percepción en algún lugar a lo largo del continuo de sentido común de brillante-oscuro. El brillo es la percepción visual más fundamental y es fundamental para la ingeniería de iluminación y el diseño de iluminación.

En términos generales, el brillo es la respuesta perceptiva a la luminancia. Aunque la luminancia suele ser el estímulo más importante para las percepciones de brillo, el tamaño, el gradiente, la luminancia envolvente, la adaptación y la composición espectral pueden tener efectos importantes en el brillo. La percepción relacionada es la luminosidad, que es la medida en que una superficie parece reflejar o transmitir más o menos luz y es un juicio que se hace sobre la propiedad de una superficie.

FIGURA 4.2 | FRECUENCIA DE DETECCIÓN

Una frecuencia de la función visual como contraste de luminancia en aumento, el número de veces que se detecta correctamente un disco luminoso, en relación con el número de veces que se presenta, aumenta. Por convención, una actuación del 50% es umbral y el contraste que produce esa condición es umbral de contraste.

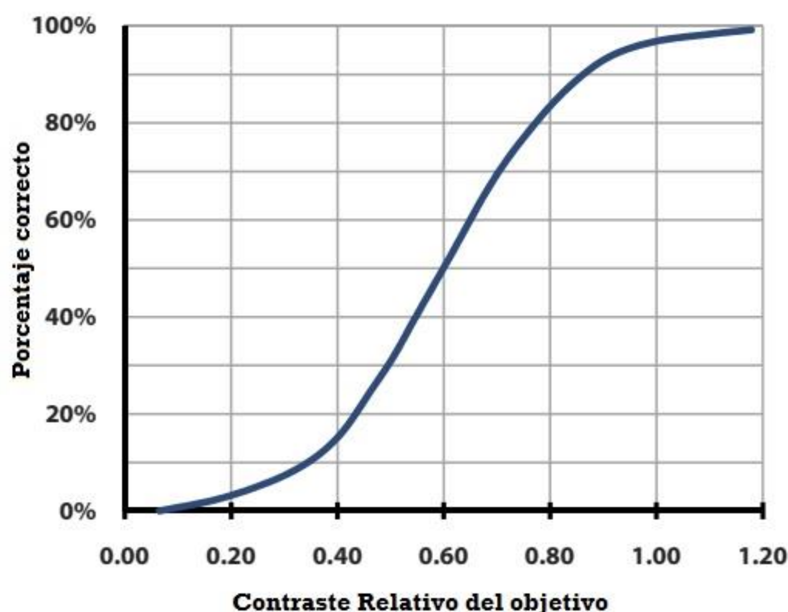
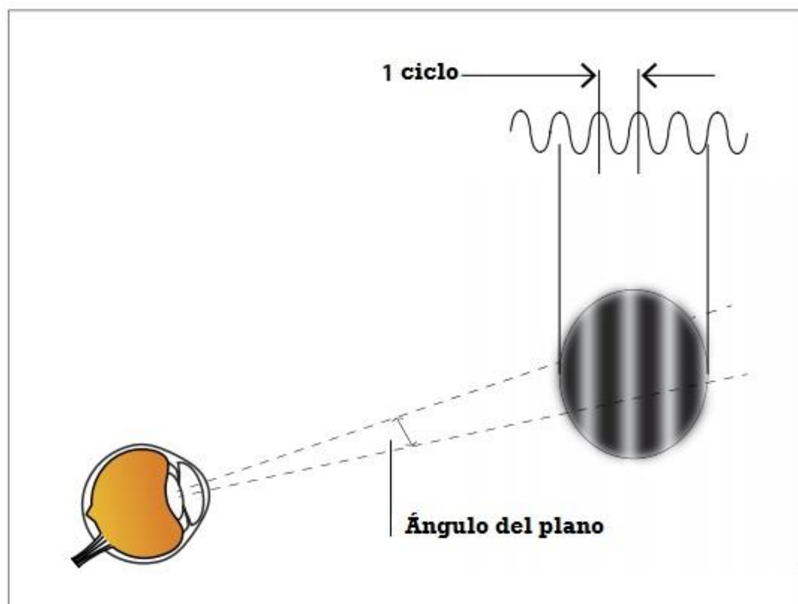


FIGURA 4.3 | FRECUENCIA ESPACIAL

Frecuencia espacial de un objetivo de rejilla sinusoidal determinada a partir de los ciclos de luz y oscuridad y el ángulo plano de su extensión.



4.3.1 CONSTANCIA DE BRILLO Y LUMINOSIDAD

El aspecto más importante del brillo es su constancia. Objetos de varias reflectancias bajo iluminación uniforme cada uno asumirá un brillo. Si la iluminación uniforme aumenta o disminuye, los brillos relativos entre los objetos permanecen relativamente sin cambios, aunque hay un cierto aumento en el brillo máximo a medida que la luminancia es aumentada. Esto es el resultado de la sensibilidad general del sistema visual cambiando para proporcionar la adaptación necesaria y un mecanismo perceptivo que intenta "centrar" el rango de luminancias dentro del campo de visión entre muy brillante y tenue.

Nuestro juicio de la ligereza de una superficie implica una evaluación de su entorno y un juicio de la condición de iluminación. La ligereza también exhibe una constancia perceptiva, eso es parte del proceso de extraer significado de lo que vemos. La figura 4.4 muestra constancia de brillo y luminosidad.

4.3.2 FACTORES QUE AFECTAN EL BRILLO

Cinco factores generalmente gobiernan la transformación o mapeo de la luminancia como estímulo para el brillo como respuesta: luminancia del objeto, luminancia envolvente, estado de adaptación, gradiente y contenido espectral.

4.3.2.1 LUMINANCIA DEL OBJETO

En configuraciones simples, el brillo de un objeto es proporcional a una potencia fraccionaria de su luminancia Es decir, la relación entre luminancia y brillo es compresiva y se aproxima mediante una ley de potencia con un exponente de luminancia de aproximadamente 1/3.

La Figura 4.5 muestra esta relación y es una guía útil para evaluar el efecto perceptivo de un cambio de luminancia.

4.3.2.2 LUMINANCIA ENVOLVENTE

La luminancia alrededor de un objeto afecta el brillo del objeto; un entorno de baja luminancia aumenta el brillo mientras que un entorno de alta luminancia disminuye el brillo. La figura 4.6 muestra este efecto.



FIGURA 4.4 | DEMOSTRACIÓN DE CONSTANCIA DE BRILLO Y LUMINOSIDAD

Los brillos de los diversos lugares en la imagen están relativamente sin cambios por la cantidad de luz solar sobre el edificio o la cantidad de iluminancia en esta página. La ligereza atribuida al revestimiento blanco es el mismo en toda la imagen, aunque la luminancia del revestimiento blanco en las profundidades de la sombra del árbol es esencialmente la misma que la luminancia de las tejas negras que reciben la totalidad de la luz del sol en el porche de la derecha.

4.3.2.3 ADAPTACIÓN

El estado de adaptación y la luminancia más alta en el campo visual afecta el brillo de objetos en un campo complejo [16]. La figura 4.7 muestra el efecto de la luminancia de adaptación.

En luminancias de alta adaptación, la curva que relaciona la luminancia del objeto con el brillo es poco profunda: pequeños cambios en la luminancia del objeto producen pequeños cambios en el brillo y por lo tanto hay muchos escalones de brillo o tonos de gris. Con luminancias de adaptación bajas, la curva gobernante es muy empinada: pequeños cambios en la luminancia del objeto producen grandes cambios en el brillo y por eso hay pocos escalones de brillo o tonos de gris.

FIGURA 4.5 | LEY DE POTENCIA DE BRILLO

Una relación de poder Luminancia-Brillo
basado en un exponente de 1/3.

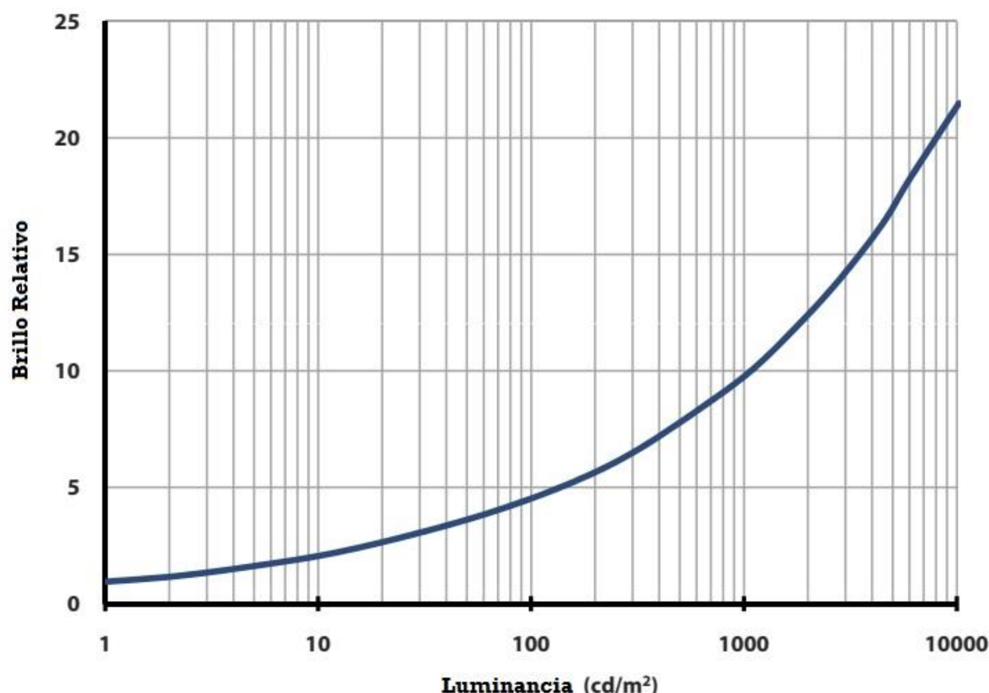
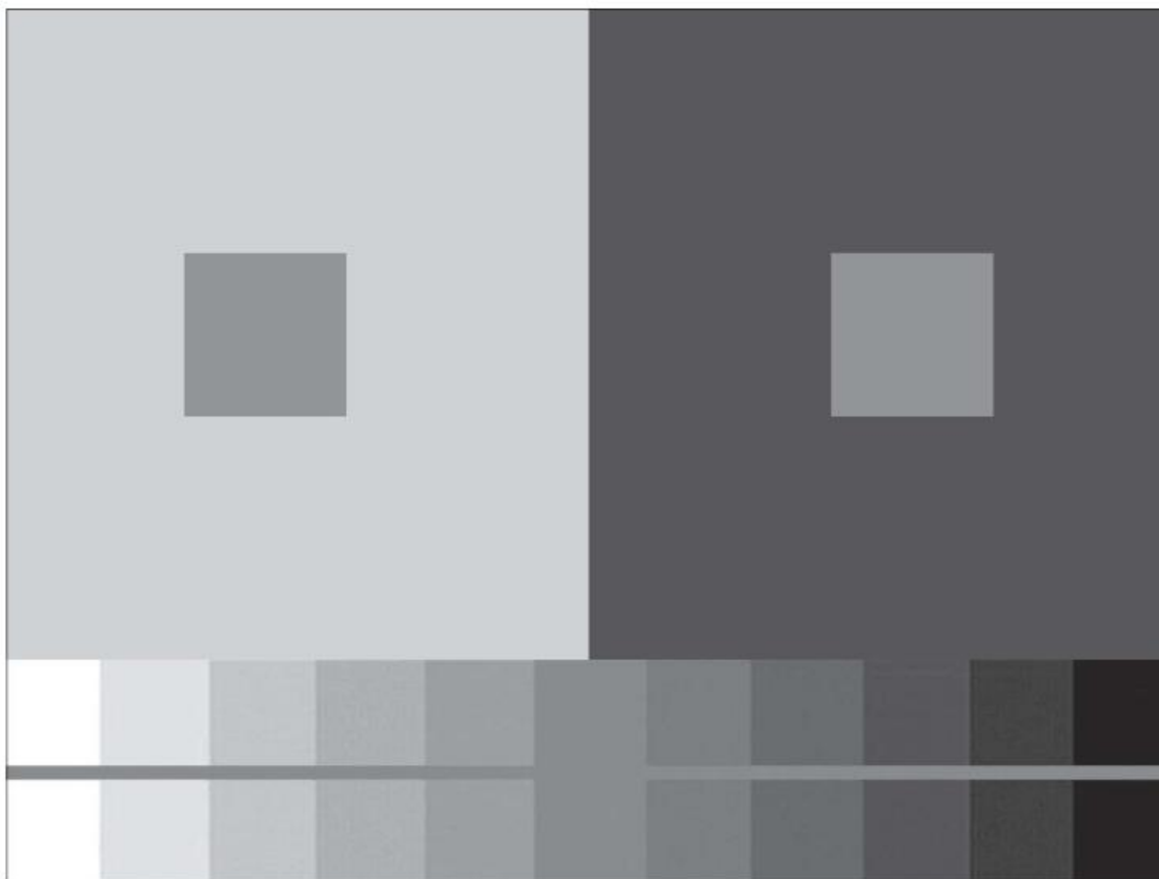


FIGURA 4.6 | SONIDO ENVOLVENTE Y BRILLO

Efecto de la luminancia envolvente en el brillo de un objeto. Los dos cuadrados pequeños centrados en los cuadrados más grandes tienen la misma luminancia pero difieren en el brillo debido a su luminancia envolvente. La barra al otro lado de la serie de parches en la parte inferior tiene la misma luminancia a lo largo de su longitud, pero su brillo varía ya que se ve afectado por la luminancia envolvente del local.



4.3.2.4 GRADIENTE

El gradiente es la tasa de cambio de luminancia con el ángulo visual. Los gradientes altos son producidos por bordes de superficies, cambios abruptos en la iluminación o cambios en la reflectancia. Los gradientes de luminancia alta suelen ser necesarios para producir saltos de brillo perceptibles. Los gradientes de luminancia baja generalmente suprimen el cambio de brillo y dan la percepción de uniformidad de brillo. La figura 4.8 muestra el efecto del gradiente de luminancia sobre el brillo. Ver 4.8.2 Rol de la visión espacial en la detección de bordes para una discusión adicional sobre la causa de este fenómeno.

FIGURA 4.7 | BRILLO ENVOLVENTE

Datos

Datos de Bartleson y Breneman que muestran el efecto del estado de adaptación en el mapeo de la luminancia a brillo. La escala vertical es brillo relativo, indicado numéricamente a la izquierda y como rango de valores a la izquierda. Cada línea continua representa el mapeo de luminancia-brillo encontrado para diferentes adaptaciones de luminancias. Para una luminancia de adaptación dada, el brillo relativo de un objeto se predice por su luminancia (desde la escala horizontal) y la curva de adaptación apropiada.

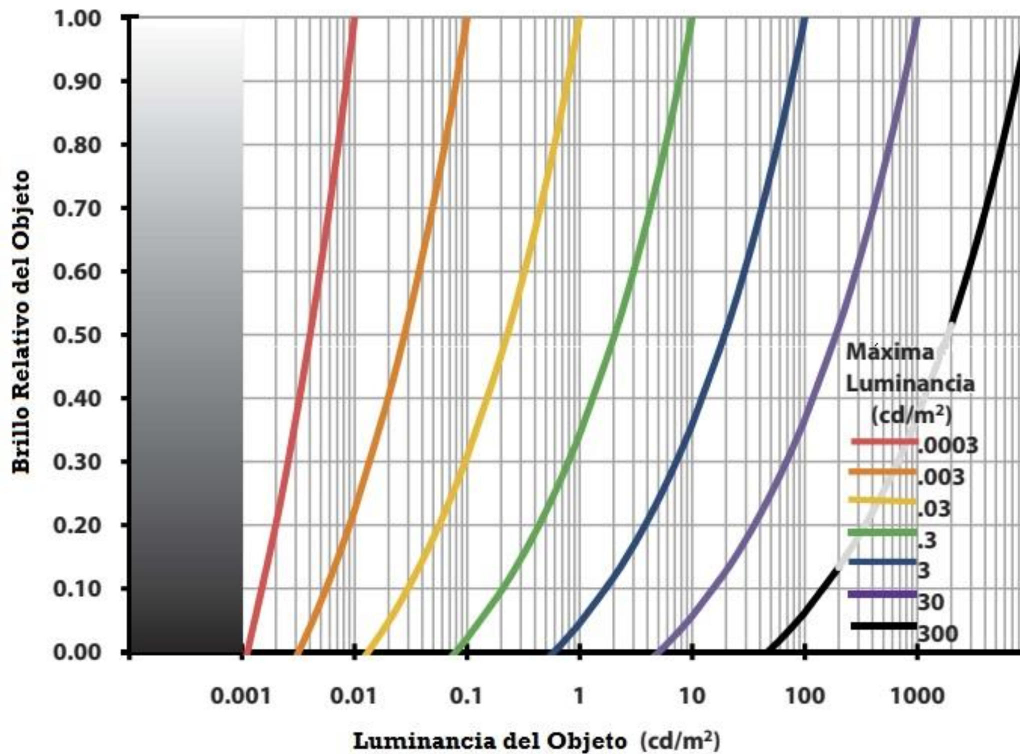
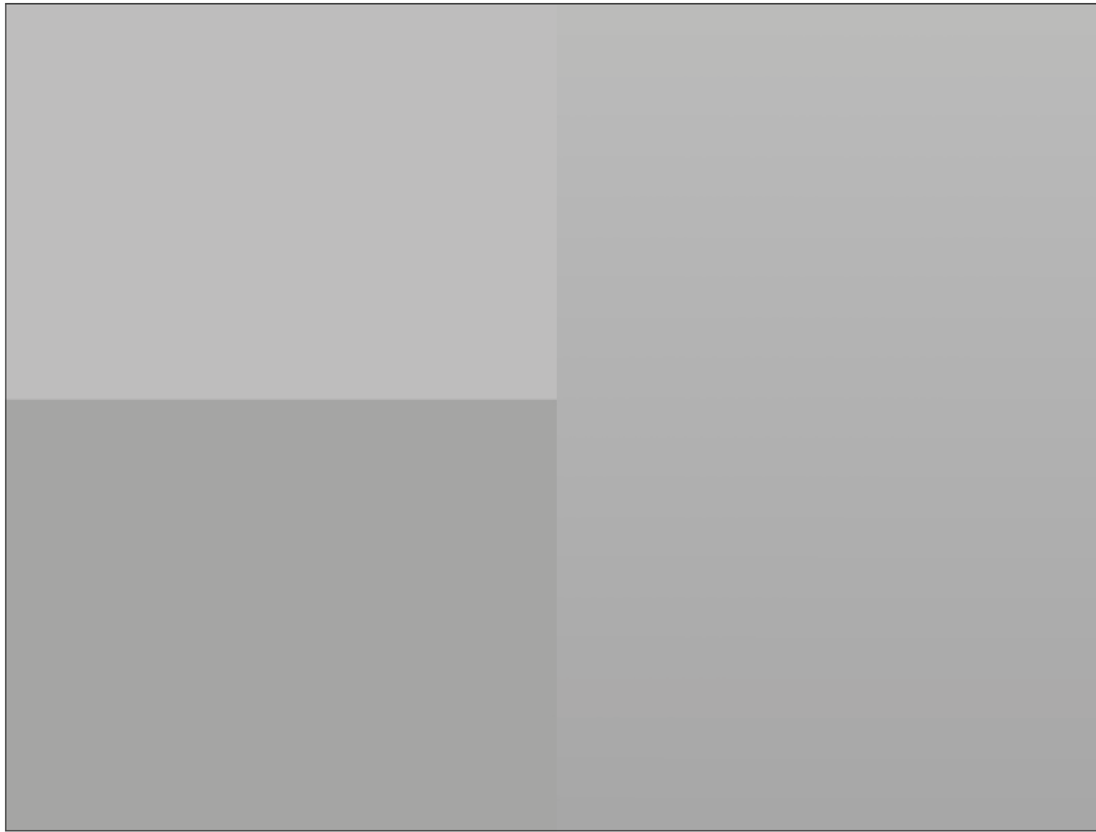


FIGURA 4.8 | GRADIENTE Y BRILLO

El efecto del degradado en los pasos de brillo y relaciones de brillo. La luminancia de los campos izquierdo y derecho superiores es igual y mayor que la luminancia en la parte inferior izquierda y derecha. El gradiente de la derecha es pequeña y continua desde de arriba hacia abajo. El gradiente en el campo de la izquierda es cero excepto en el centro donde es muy alta, esencialmente infinita. La altura de la gradiente en el medio del campo a la izquierda produce un paso de brillo.



4.3.3 CÁLCULO DE BRILLO APROXIMADO

La relación más simple entre brillo y luminancia se expresa mediante la ley de potencia de Stevens [17] para una sola superficie vista aisladamente:

$$B = \alpha L^{0.33} \qquad (4.8)$$

Dónde:

B = **Brillo**
α = **Constante**
L = **Luminancia del objeto**

Un estudio más reciente [17] muestra que el brillo percibido de cualquier superficie aumenta con la luminancia de acuerdo con una ley de potencia con un exponente de 0,35, pero que el brillo de un número de superficies vistas simultáneamente sigue una ley de potencia con un exponente de aproximadamente 0,6. Estas relaciones se pueden utilizar para estimar el brillo relativo de las superficies en un interior suponiendo que la superficie más brillante de la habitación tiene un brillo dado por:

$$B_{max} = \alpha L_{max}^{0.35} \qquad (4.9)$$

entonces otra superficie con luminancia L tendrá un brillo dado por:

$$B = \frac{B_{max}}{L_{max}^{0.6}} L^{0.6} \qquad (4.10)$$

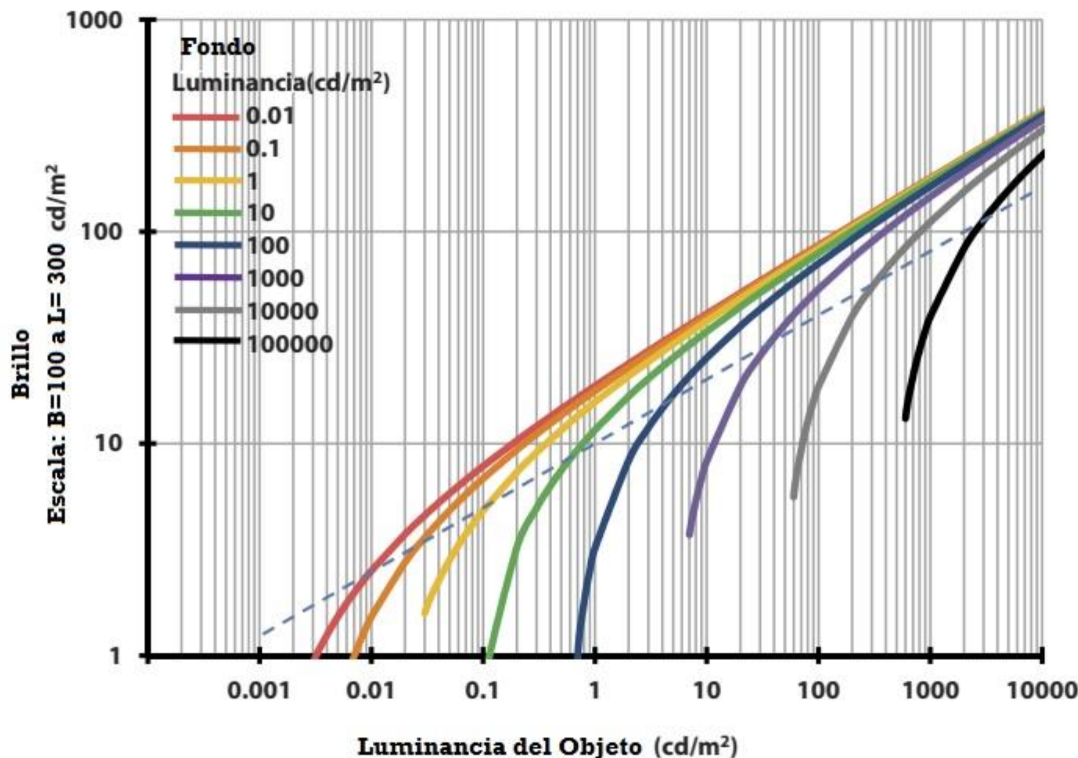
Este sistema simple subestima el brillo de superficies coloreadas altamente saturadas y sobreestima el brillo de las superficies translúcidas. Estas relaciones se proporcionan únicamente a modo de guía.

Bodmann y LaToison [19] dan un modelo mucho más elaborado de la relación brillo-luminancia y se describe en detalle en el Formulario. Esto tiene la ventaja de tener en cuenta el tamaño del objeto. La Figura 4.9 muestra cómo este modelo predice el brillo de un objeto que subtiende un ángulo visual de 10°, en comparación con la ley de potencia de Stevens.

FIGURA 4.9 | BRILLO-LUMINANCIA CARTOGRAFÍA

La gráfica muestra un mapeo de luminancia a brillo. La línea discontinua es el mapeo de la Ley de potencia de Stevens 1/3 y es aproximadamente correcto para luminancias de fondo más bajas.

Los datos de Bodmann-LaToison se trazan con líneas sólidas. La intersección de la línea vertical especificado por la luminancia del objeto y la curva de luminancia de fondo apropiada, da el brillo del objeto encontrado en la escala vertical de la mano izquierda.



4.3.4 RELACIONES Y PASOS PERCEPTUALES

Los incrementos de brillo se rigen por la relación aproximada entre la luminancia y brillo expresado por la ley de potencia de 1/3: una duplicación del brillo requiere un aumento de ocho veces en la luminancia. El cambio de brillo se rige por el gradiente de luminancia. Con un gradiente muy alto, se detecta una relación de luminancia tan pequeña como 1,1 y se percibe una discontinuidad de borde o brillo. Pero un área con un gradiente muy bajo se percibirá como tener un solo brillo, o un brillo que cambia muy suavemente, incluso con una luminancia de proporción tan grande como 10 [20].

4.4 Agudeza visual

La agudeza es la capacidad de resolver detalles finos y, en última instancia, está limitada por la difracción, las aberraciones y la densidad de fotorreceptores de la retina. Varios tipos diferentes de agudeza son reconocidos e implican varios niveles de visibilidad, desde la detección hasta el reconocimiento. Ver 4.2.7 Visibilidad de umbral y supraumbral.

4.4.1 TIPOS DE AGUDEZA

Tres tipos de agudeza visual son importantes en la iluminación: agudeza de resolución, agudeza de reconocimiento y agudeza vernier.

4.4.1.1 AGUDEZA DE RESOLUCIÓN

La capacidad de detectar que hay dos estímulos, en lugar de uno, en el campo visual es definida como agudeza de resolución. Se mide en términos de la separación angular más pequeña entre dos estímulos que aún pueden verse separados, como dos estrellas nocturnas. Típicamente, la agudeza de resolución es del orden de 1 minuto de arco.

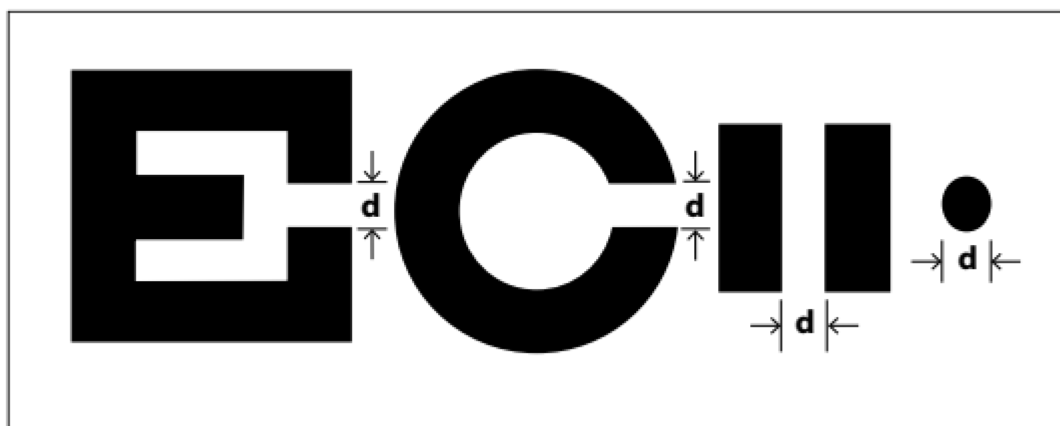
4.4.1.2 AGUDEZA DE RECONOCIMIENTO

La capacidad de identificar correctamente un objetivo visual, como diferenciar entre una G y una C, se define como agudeza de reconocimiento. Prueba de agudeza visual realizada con letras, como se hace clínicamente, es una forma de prueba de agudeza de reconocimiento. Por lo general, la agudeza de reconocimiento es del orden de unos minutos de arco.

4.4.1.3 AGUDEZA VERNIER

La capacidad de identificar una desalineación entre dos líneas se define como agudeza vernier. La agudeza vernier es típicamente del orden de unos pocos segundos de arco.
En la Figura 4.10 se muestran varios ejemplos de objetos de prueba de agudeza, incluido el anillo Landolt. Las rejillas y las letras también se han utilizado como objetos de prueba de agudeza.

FIGURA 4.10 | OBJETIVOS DE AGUDEZA
Los objetivos de prueba de agudeza de tres resoluciones: E y anillo de Landolt con separador de espacio, barras paralelas, disco. En cada caso, el tamaño crítico se muestra mediante la dimensión d. El anillo de Landolt se usa con el espacio orientado en varias direcciones.



4.4.2 FACTORES QUE AFECTAN LA AGUDEZA VISUAL

Al igual que con muchas otras tareas de umbral, la agudeza visual varía con el error de refracción, la excentricidad, tamaño de la pupila, iluminancia retiniana, tamaño del campo de fondo, duración de la exposición y movimiento del objetivo. También varía con el contraste de luminancia, pero por convención, la agudeza se mide sólo en alto contraste de luminancia. El error de refracción, como el producido por la miopía, provoca la borrosidad de la imagen retiniana que disminuye la agudeza. Ver 2.2.3 Errores refractivos. En general, la agudeza es más fina cuando el objetivo cae sobre la fóvea y mejora a medida que aumenta la iluminancia retiniana, debido al aumento del tamaño del campo receptivo y la disminución del diámetro de la pupila. Ver 2.3.4 Campo Receptivo. La figura 4.11 muestra la agudeza visual en función de la excentricidad para tres objetivos.
La agudeza continúa mejorando con el aumento de la luminancia del fondo siempre que el fondo sea grande; cuando el campo de fondo es pequeño, hay una luminancia óptima para la agudeza visual, por encima de la cual la agudeza disminuye [21]. Esto se muestra en la Figura 4.12. Agudeza visual también aumenta a medida que aumenta la duración de la exposición, hasta aproximadamente 500 ms, después de lo cual no se produce ninguna mejora adicional. El movimiento del objetivo puede limitar la duración de la exposición y la capacidad de mantener la imagen retiniana en la fóvea. Como era de esperar, aumentar la velocidad del objetivo tiende a reducir la agudeza visual. La fóvea no logra tener la mejor agudeza visual bajo condiciones de visión escotópica, donde la fóvea está inactiva y la mejor agudeza visual se encuentra a pocos grados fuera de la línea de visión.

FIGURA 4.11 | AGUDEZA

La resolución mínima en minutos de arco, como función de separación angular de la fóvea. Se utilizaron tres blancos: anillos de Landolt en Luminancias de fondo de 2,45 cd/m2 y 245 cd/m2 (círculos abiertos y llenos, respectivamente), y rejillas de onda sinusoidal con fondo de luminancia de 1118 cd/m2 (cuadrados).

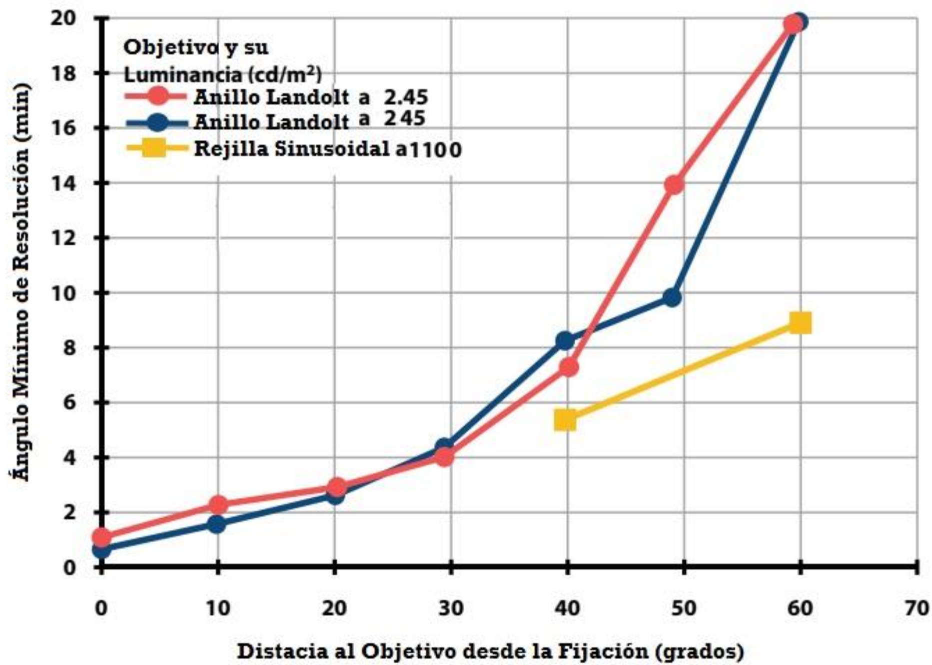
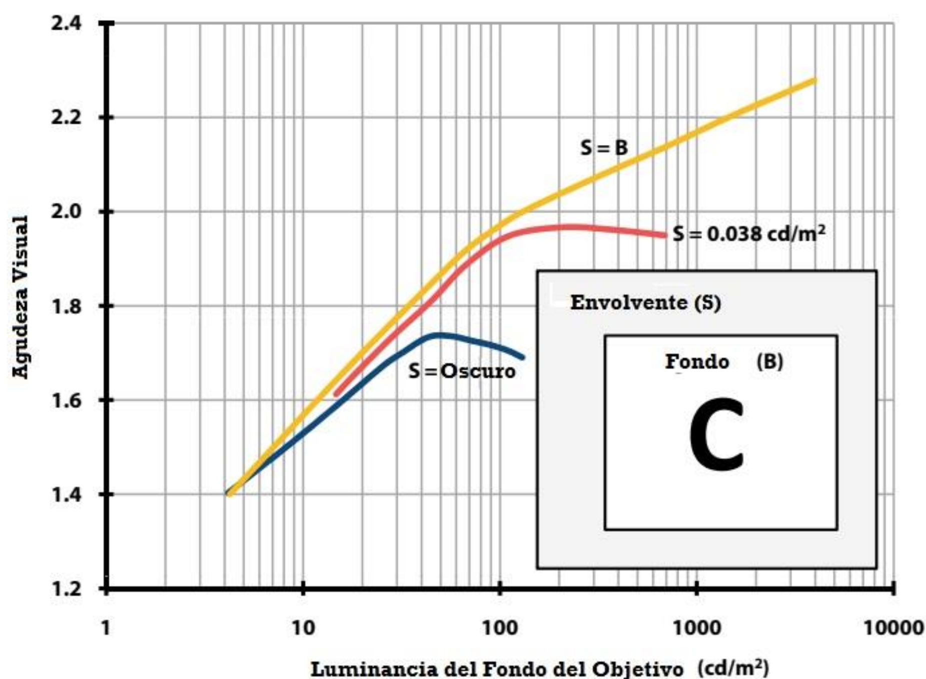


FIGURA 4.12 | AGUDEZA FRENTE A LUMINANCIA DE FONDO

La agudeza visual de los anillos de Landolt para tres condiciones de luminancia envolvente. B= fondo, S=envolvente.



4.4.3 MEDIDAS Y EXPRESIONES DE AGUDEZA

En psicofísica, la agudeza se expresa como el ángulo mínimo del detalle del objetivo utilizado para una resolución, reconocimiento o agudeza vernier. Es probable que los diseñadores de iluminación traten con clientes que están más familiarizados con las expresiones optométricas de la agudeza visual. En optometría, la agudeza se especifica para la visión de lejos y se expresa como una relación de las distancias a las que un individuo y un observador promedio pueden distinguir correctamente letras similares o la orientación de barras oscuras poco espaciadas. En Estados Unidos las distancias se expresan en pies, en otros lugares, se utilizan metros. El numerador es la distancia de prueba estándar: 20 pies o 6 m, que para el sistema óptico del ojo, es esencialmente una distancia infinita. Un individuo con una agudeza visual expresada optométricamente de 20/100 requiere una distancia de 20 pies para distinguir correctamente letras o barras que un observador promedio puede ver a 100 pies. La agudeza visual del individuo es más pobre que la media. Una agudeza de 20/10 especifica una agudeza mejor que el promedio.

El gráfico desarrollado por Hermann Snellen, que consta de letras mayúsculas especialmente diseñadas, se ha utilizado durante casi 150 años para evaluar la agudeza. Más recientemente, las gráficas de agudeza desarrolladas por el Instituto Nacional del Ojo de los EE. UU. se están volviendo comunes en la práctica de la optometría. El ángulo mínimo de resolución (MAR) en minutos de arco y el denominador en una expresión optométrica de agudeza (x) viene dado por

$$\mathrm{MAR} = \frac{x}{20} \qquad (4.11)$$

4.5 SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

Las funciones de sensibilidad al contraste definen el contraste mínimo requerido para que se vean los objetivos en función del objetivo o de las características de visualización. Las condiciones de visualización pueden ser simples o complejas, que van desde algo tan simple como la mera detección de un punto de luz hasta algo tan complejo como una rejilla luminosa. En la mayoría de los casos, las determinaciones suelen ser hecho en el umbral. Es costumbre usar el recíproco de estos contrastes y designar como sensibilidades de contraste.

4.5.1 UMBRAL

La capacidad de detectar un objetivo contra un fondo se puede cuantificar por su umbral de contraste. Muchos factores afectan el contraste de umbral. Entre los más importantes están el tamaño del objetivo e iluminancia retiniana. La figura 4.13 muestra el cambio en el umbral de contraste durante 4 min y el disco de arco mostrado durante 200 ms trazado contra la luminancia de adaptación, para personas de dos grupos de edad diferentes. Muestra que a medida que aumenta la luminancia de adaptación, el umbral de contraste disminuye, rápidamente al principio y luego más lentamente [22, 23]. Blancos de diferentes tamaños expuestos para diferentes tiempos dan diferentes valores absolutos de umbral de contraste pero todos siguen la misma tendencia.

4.5.2 FUNCIONES DE SENSIBILIDAD DE CONTRASTE ESPACIAL

Las funciones de sensibilidad al contraste espacial dan la relación entre el contraste en el umbral y frecuencia espacial a diferentes luminancias de adaptación. La figura 4.14 muestra un ejemplo.
Por lo general, se basa en datos recopilados de objetivos de rejilla de diferente frecuencia espacial.
La sensibilidad al contraste para una frecuencia espacial dada es el recíproco de la luminancia de contraste de la rejilla en el umbral con el contraste definido por la Ecuación 4.7. Objetivos que tienen una frecuencia espacial y una sensibilidad al contraste tal que se encuentran por encima de la función de sensibilidad al contraste son invisibles (es decir, se pueden detectar en menos del 50 % de las ocasiones presentadas) y los que se encuentran por debajo de la función de sensibilidad al contraste son visibles (es decir, se puede detectar en más del 50% de las ocasiones que se presentan). Para objetivos complejos, como fotografías de caras, que contienen muchas frecuencias espaciales diferentes, el contraste y la función de sensibilidad se pueden utilizar para determinar si el objetivo aparecerá y cómo se dividirá en sus componentes de frecuencia espacial [24]. El objetivo será visible sólo si al menos un componente de frecuencia espacial tiene una sensibilidad de contraste menor que la sensibilidad de la función de contraste. Exactamente cómo aparecerá el objetivo dependerá de la ponderación dada a cada uno de sus componentes de frecuencia espacial por la función de sensibilidad al contraste. Además, aunque el objetivo está centrado en la fóvea, a bajas frecuencias espaciales la detección puede ocurrir en el área anular inmediatamente alrededor de la fóvea (parafovea) o la región anular más allá y fuera (perifovea).
La figura 4.15 ofrece una demostración directa de la sensibilidad al contraste en función de la frecuencia espacial.
Muchos objetivos aparentemente simples, como el objetivo del disco luminoso utilizado para obtener los datos que se muestran en la Figura 4.13, son en realidad bastante complejas. Tienen bordes afilados que están representados por muchas frecuencias espaciales. Consulte la Figura 4.22 para ver un ejemplo de las frecuencias espaciales que componen una barra luminosa.

FIGURA 4.13 | CONTRASTE DE UMBRAL

Dos curvas de umbral de sensibilidad al contraste para un objetivo de disco luminoso. La curva azul es para 20 a treinta años, curva dorada para personas de 60 a 70 años.

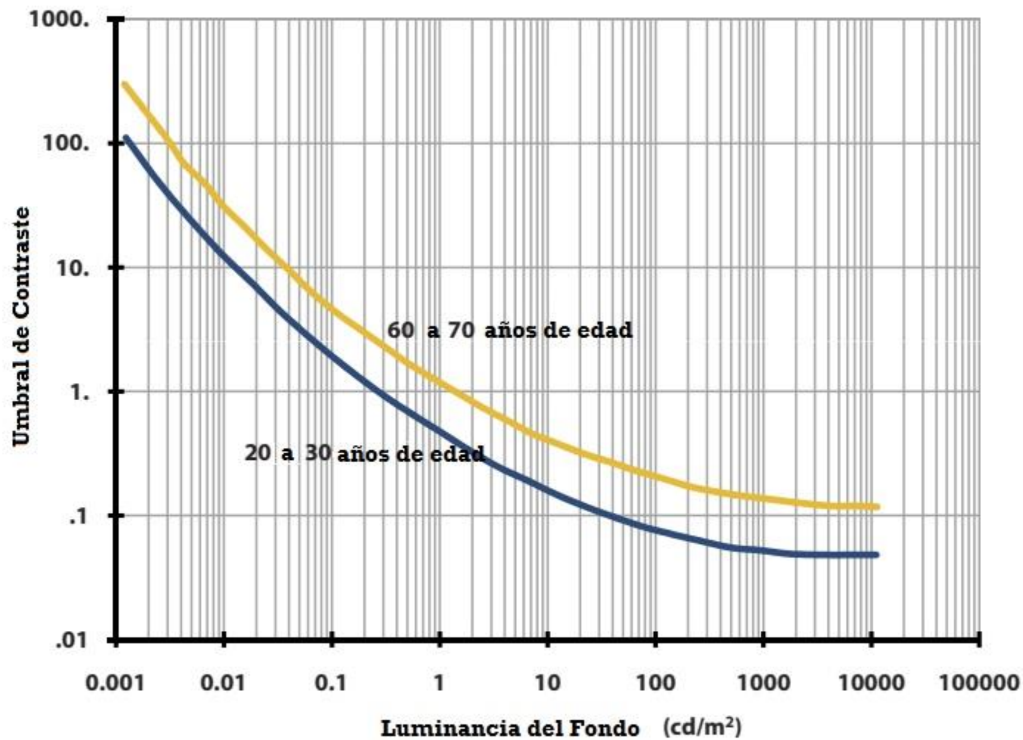
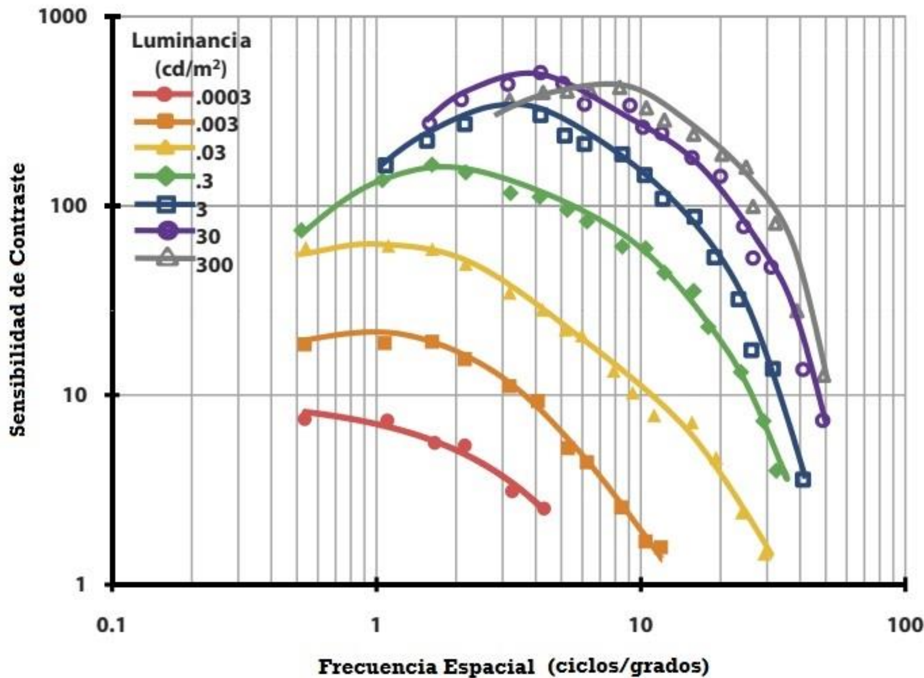


FIGURA 4.14 | CONTRASTE ESPACIAL SENSIBILIDAD

Las funciones de sensibilidad de contraste espacial para la visión foveal, a diferentes luminancias del objetivo.
Los datos son de la referencia [25].



4.5.3 FACTORES QUE AFECTAN LA SENSIBILIDAD

Entre los factores más importantes que afectan la sensibilidad al contraste espacial se encuentran la luminancia de adaptación, la ubicación en el campo visual y la frecuencia espacial del objetivo. Como la luminancia de adaptación cambia el estado operativo del sistema visual de escotópico a fotópico, la sensibilidad al contraste aumenta para todas las frecuencias espaciales; en espacial aumenta la frecuencia a la que se produce el pico de sensibilidad al contraste, y la mayor frecuencia espacial que se puede detectar aumenta. La ubicación en el campo visual también afecta el contraste sensibilidad. Se reduce en todas las frecuencias espaciales al aumentar la excentricidad o la distancia desde la línea de visión, pero el decremento es mayor para frecuencias espaciales altas. La distancia también afecta la frecuencia espacial: cambiar la distancia de visualización a un detalle de tamaño fijo cambia el tamaño angular del detalle y, por lo tanto, su frecuencia espacial. Un detalle aparente en una distancia de visualización puede ser difícil de detectar o incluso imperceptible en otra.

4.6 SENSIBILIDAD AL PARPADEO Y CONTRASTE TEMPORAL

Así como el sistema visual responde a las variaciones de luminancia en el espacio, también responde a las variaciones de luminancia en el tiempo. Los destellos breves y repetidos se caracterizan por parpadeo, mientras que en la sensibilidad se caracterizan por funciones de sensibilidad de contraste temporal.

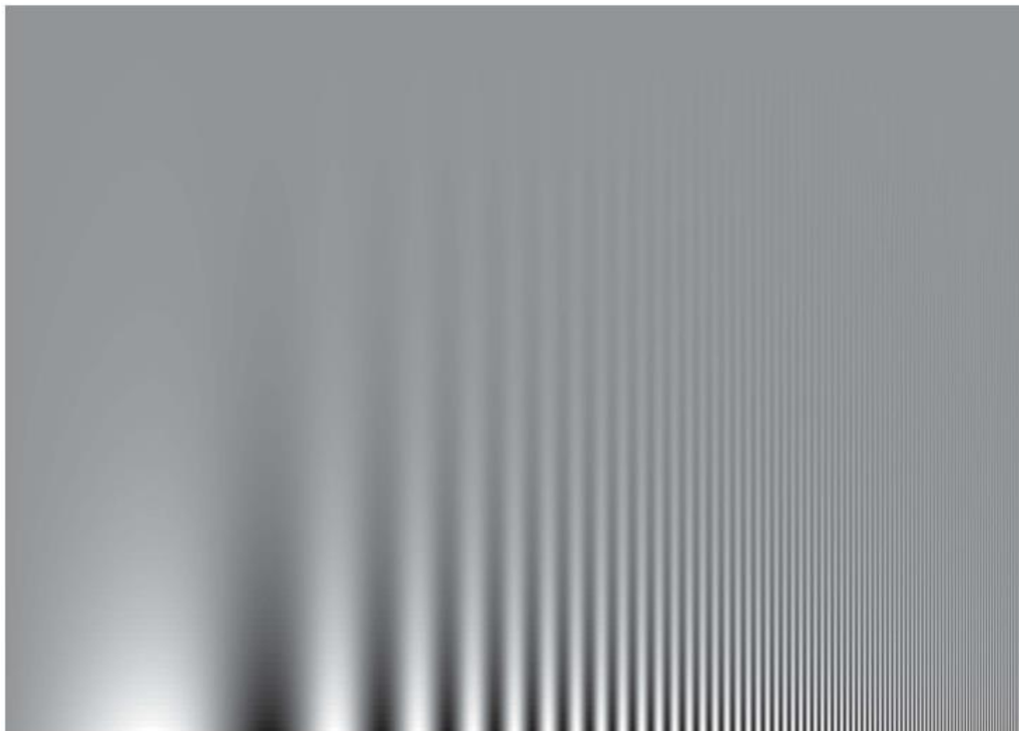
4.6.1 DESTELLOS DE LUZ INDIVIDUALES

Para breves destellos de luz (menos de 100 ms), cualquier combinación de luminancia (L) y la duración del destello (t) con el mismo producto produce la misma percepción. Esta característica se conoce como ley de Bloch y es válida para t < 100 ms:

$$L \times t = \textbf{constante} \tag{4.12}$$

FIGURA 4.15 | CONTRASTE ESPACIAL DEMOSTRACIÓN DE SENSIBILIDAD

Demostración del cambio en contraste de la sensibilidad con la frecuencia espacial. El contraste de la rejilla sinusoidal varía de 1.0 en la parte inferior al 0 en la parte superior. La frecuencia espacial de la rejilla varía de bajo en la izquierda a la alta a la derecha. Los contrastes en que la rejilla es apenas visible para diferentes frecuencias espaciales forma un arco similar a los datos representados en la figura 4.14.



Para breves destellos de luz de más de aproximadamente 100 a 200 ms, la percepción del flash es únicamente una función de la luminancia. Tareas más complicadas que detectar con breves destellos continúan mostrando una sensibilidad de duración de hasta aproximadamente 400 ms [26].

4.6.2 DESTELLOS DE LUZ REPETIDOS

A medida que aumenta la frecuencia de un estímulo intermitente repetitivo, finalmente se percibe como estable en lugar de intermitente; esta es la frecuencia de parpadeo crítica (o fusión crítica de frecuencia, CFF). La frecuencia a la que se produce la fusión varía con el tamaño del estímulo,forma, ubicación retiniana, luminancia de adaptación y

profundidad de modulación. La figura 4.16 muestra la relación de CFF con la luminancia de adaptación para objetos de prueba fijados centralmente de diferentes tamaños. El CFF rara vez supera los 60 Hz, incluso para un área visual grande con una modulación del 100 %, viendo con una luminancia de adaptación alta. Esto es así porque todas las fuentes de luz que funcionan con un suministro eléctrico de CA muestran alguna fluctuación en la salida de luz.

La sensibilidad al parpadeo difiere a lo largo de la retina. La fóvea puede seguir velocidades de parpadeo de hasta aproximadamente 60 Hz con luminancias moderadas, pero es relativamente insensible a amplitudes y modulaciones bajas.

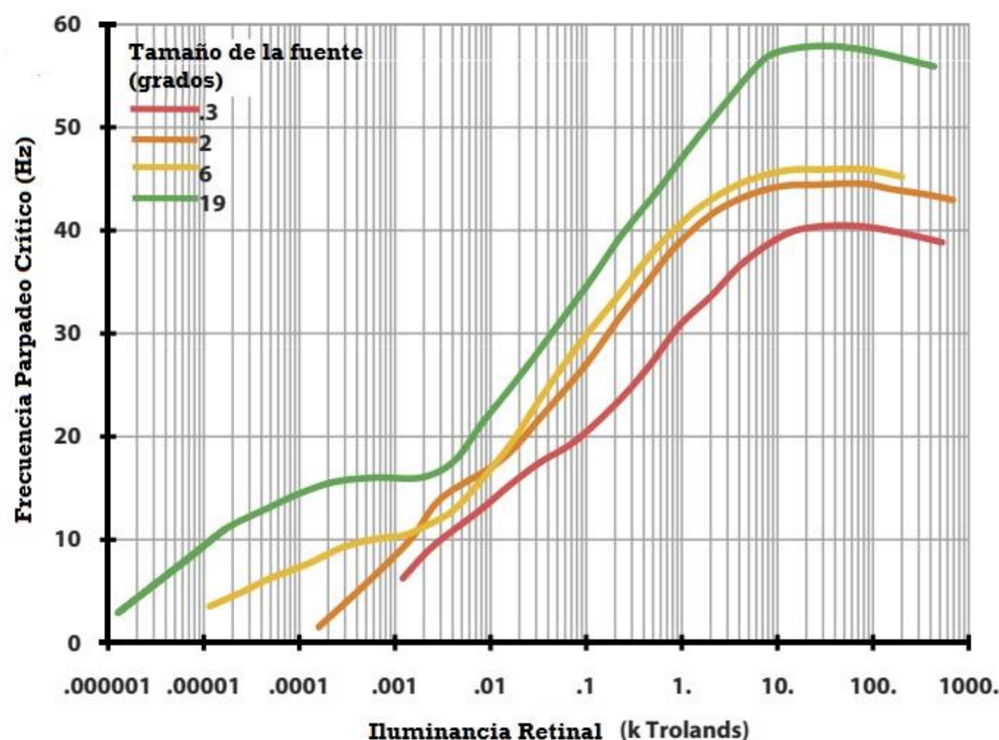
La retina periférica, por otro lado, puede detectar velocidades de parpadeo de aproximadamente 15 Hz, pero es muy sensible a pequeñas amplitudes de parpadeo. Esta es la razón por la cual el parpadeo es a menudo detectado en el campo periférico pero desaparece cuando la luz se ve directamente.

4.6.3 FUNCIONES DE SENSIBILIDAD DE CONTRASTE TEMPORAL

La sensibilidad al contraste temporal es el equivalente en el tiempo de la función de sensibilidad al contraste espacial. La variación de una luminancia en el tiempo se denomina modulación temporal y es caracterizada por la amplitud y frecuencia de la variación. El cambio de amplitud que puede ser detectado por el sistema visual varía con la frecuencia y se llama Función temporal de sensibilidad al contraste. La figura 4.17 muestra la función de sensibilidad de contraste temporal para diferentes luminancias de adaptación [28]. Esto a veces se llama función de la transferencia de modulación (MTF). El eje vertical es la sensibilidad al contraste y el eje horizontal es la frecuencia de fluctuación medida en ciclos por segundo. La figura 4.16 muestra que en condiciones fotópicas (es decir, por encima de aproximadamente 3 cd/m2), el sistema visual es más sensible a frecuencias en el rango de 10 a 30 Hz y que a medida que disminuye la luminancia de adaptación, la sensibilidad absoluta al parpadeo disminuye, la frecuencia a la que la sensibilidad máxima ocurre disminuye y la frecuencia más alta que se puede detectar disminuye, estas funciones temporales de transferencia de modulación, y otras para diferentes condiciones, se pueden usar para determinar la probabilidad de que una fluctuación dada en la luz se perciba como un parpadeo. Para una fluctuación con una forma de onda compleja para ser vista como parpadeo, al menos uno de su frecuencia los componentes deben tener una modulación lo suficientemente alta como para que la sensibilidad de la modulación sea por debajo del MTF temporal. El conocimiento de la respuesta temporal del sistema visual es más útil cuando se considera la detección de señales intermitentes y la percepción de señales de imágenes animadas.

FIGURA 4.16 | FUSIÓN DE FRECUENCIA CRÍTICA

La fusión frecuencia crítica (CFF) en función del tamaño de la fuente y la iluminancia retiniana. Datos de la referencia [27]



4.7 Rendimiento visual

El propósito de la iluminación suele ser apoyar la realización de tareas visuales; el desempeño visual es parte del desempeño de la tarea. El desempeño de las tareas es, a su vez, parte de la productividad.

La mayoría de las tareas tienen tres componentes: visual, cognitivo y motor [29] [30]. El componente visual se refiere al proceso de extraer información relevante para el desempeño de la tarea utilizando el sentido de la vista. El componente cognitivo es el proceso por el cual en estos se interpretan los estímulos sensoriales y se determina la acción apropiada. El componente motor es el proceso mediante el cual se manipulan los estímulos para extraer información y las acciones consecuentes realizadas. La figura 4.18 muestra una relación conceptual entre los estímulos visuales, desempeño visual, desempeño de tareas y productividad [29]. Los estímulos del sistema visual están determinados por las características de la tarea y la forma en que se ilumina la tarea.

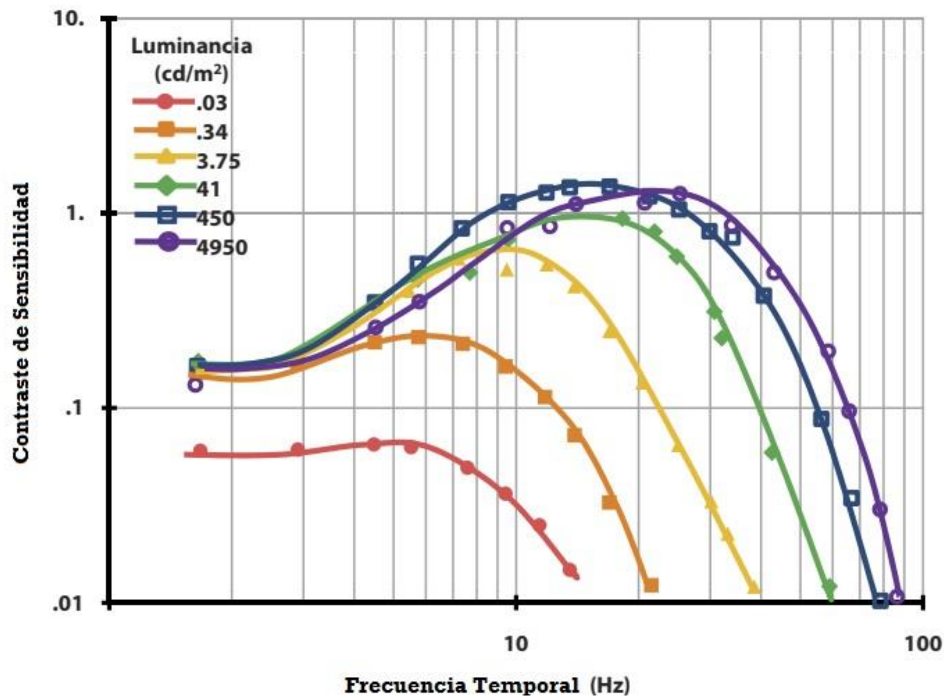
Estos estímulos y el estado operativo del sistema visual determinan el rendimiento visual.

Cada tarea es un equilibrio único entre los componentes visuales, cognitivos y motores y por lo tanto, el efecto que tienen las condiciones de iluminación en el rendimiento puede variar de una tarea a otra.

Esto hace que sea imposible generalizar a partir del efecto de la iluminación en el desempeño de una tarea al efecto de la iluminación en el desempeño de otra. Además, no hay forma conocida de traducir siempre el rendimiento visual al rendimiento de la tarea. La literatura sobre este sujeto a veces confunde erróneamente medidas de desempeño visual con medidas de desempeño de tareas. El desempeño de la tarea, no el desempeño visual, es necesario para evaluar la productividad y establecer relaciones costo-beneficio comparando un sistema de iluminación con otro.

FIGURA 4.17 | CONTRASTE TEMPORAL SENSIBILIDAD

La función de sensibilidad de contraste temporal para diferentes luminancias de adaptación con un 68° del campo de visión.



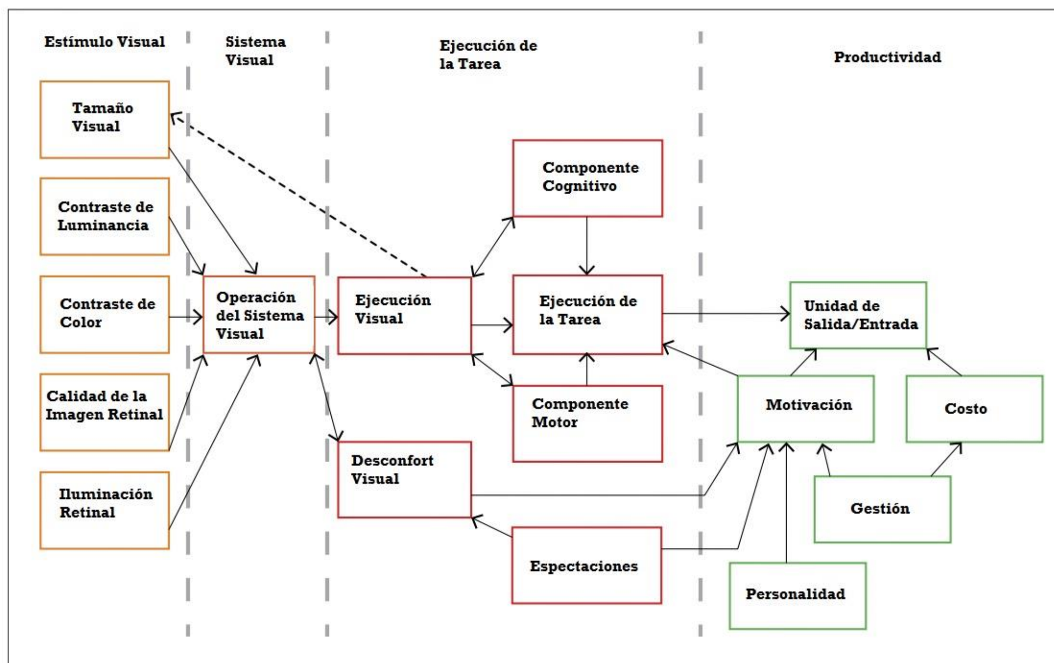


FIGURA 4.18 | LOS ESTÍMULOS Y LO VISUAL SISTEMA

Un diagrama conceptual de las relaciones entre los estímulos al sistema visual y su efecto en el rendimiento visual y finalmente la productividad. La línea punteada indica un comportamiento que puede cambiar el tamaño visual: si el rendimiento es bajo, los observadores se mueven más cerca del estímulo para aumentar el tamaño de su visual. Después de [29].

4.7.1 FACTORES PRINCIPALES

Una amplia gama de estudios psicofísicos del rendimiento visual por encima del umbral [30–46] han revelado parámetros que son importantes para el rendimiento visual por encima del umbral: del objetivo, tamaño, contraste de luminancia de destino y luminancia de fondo. Las curvas de la Figura 4.19 demuestran los efectos de la iluminancia en la detección de anillos de Landolt (ver Figura 4.11) de diferentes orientaciones e impresos en diferentes contrastes y tamaños [31] [32] [33]. El rendimiento se definió, en estos estudios, como una puntuación agregada basada en la velocidad y la precisión.
Los datos de rendimiento que se muestran en la Figura 4.19 sólo proporcionan tendencias generales en la respuesta supraumbral pero, lo que es más importante, tendencias que no se pueden deducir del conocimiento del umbral de visión.

4.7.1.1 LUMINANCIA DE ADAPTACIÓN

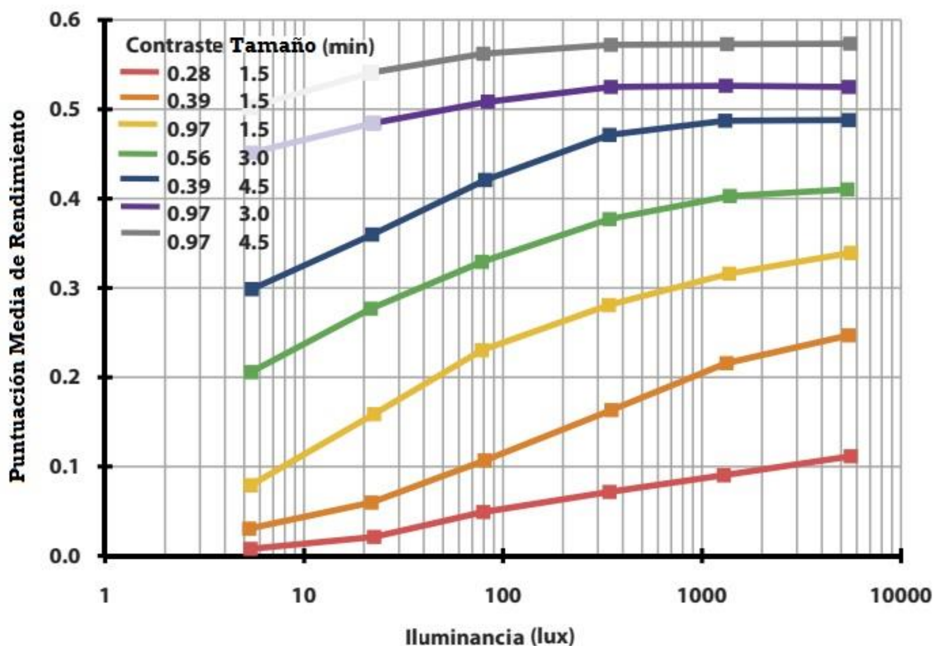
En general, los datos muestran que a medida que aumenta la luminancia de fondo, el rendimiento (medido en términos de velocidad y precisión) aumenta rápidamente al principio, pero luego a un ritmo decreciente hasta que se alcanza un punto en el que se requieren cambios muy grandes en la luminancia de fondo para producir cambios muy pequeños en el rendimiento.

4.7.1.2 CONTRASTE Y TAMAÑO DE TAREAS

Estos rendimientos decrecientes son más pronunciados para objetivos grandes de alto contraste que para objetivos pequeños de bajo contraste. Además, el rendimiento de un objetivo pequeño y de bajo contraste no puede ser llevado al mismo nivel que un objetivo grande y de alto contraste simplemente aumentando la iluminancia.
Más bien, cambiar el tamaño y el contraste de luminancia del objetivo a menudo tiene un efecto mucho mayor sobre el rendimiento visual por encima del umbral que el aumento de la iluminancia sobre cualquier otro rango práctico.

FIGURA 4.19 | RENDIMIENTO VISUAL DATOS

Las puntuaciones medias de rendimiento de tareas para el anillo de Weston Landolt de diferente tamaño visual y contraste, en función de la iluminancia.



4.7.1.3 VISUALIZACIÓN DE TIEMPO, BÚSQUEDA Y EXCENTRICIDAD DE TAREAS

En muchos casos, el observador sabe hacia dónde mirar para realizar una tarea visual como, por ejemplo, mientras leo. Sin embargo, existe una clase de tareas en las que el objeto a detectar puede aparecer en cualquier parte del campo visual como cuando se conduce o en una inspección industrial. Estas tareas involucran la búsqueda visual. La búsqueda visual generalmente se lleva a cabo a través de una serie de fijaciones oculares, el patrón de fijación se guía por las expectativas sobre dónde está el objetivo que es más probable que aparezca o por qué parte de la escena visual es más importante. Típicamente, el objetivo se detecta primero en la periferia de la retina. La detección es seguida por movimientos oculares que llevan el objetivo detectado a la región de la retina más sensible a ellos, para objetivos de alta frecuencia espacial, esta es la fóvea, para otros objetivos puede estar fuera de la fóvea.

La velocidad con la que se completa una tarea de búsqueda visual depende del tamaño, la luminancia, contraste y diferencia de color del objetivo; la presencia de otros objetivos en el área de búsqueda y la medida en que el objetivo es diferente de los otros objetivos. La visual más sencilla en la tarea de búsqueda es aquella en la que el objetivo esperado aparece en algún lugar de un campo de espacio vacío, como rayas de pintura en la carrocería de un automóvil. La tarea de búsqueda visual más difícil es una en el que el objetivo está situado en un campo desordenado, donde el desorden es muy similar al objetivo a encontrar, como buscar un rostro en particular en una multitud. La velocidad de la búsqueda visual está determinada tanto por las características de la tarea como por las condiciones de iluminación. Las características de la tarea que aceleran la búsqueda visual son aquellas que hacen que el objetivo se destaque de su fondo (es decir, hacerlo visible) y hacerlo diferente del desorden circundante (es decir, hacerlo notorio).

Para que un objetivo sea reconocible, su tamaño visual y contraste de luminancia deben estar muy por encima de los los valores umbral. Para que un objetivo sea llamativo, debe diferir del desorden que lo rodea en tantas dimensiones perceptivas como sea posible. Estas dimensiones incluyen:

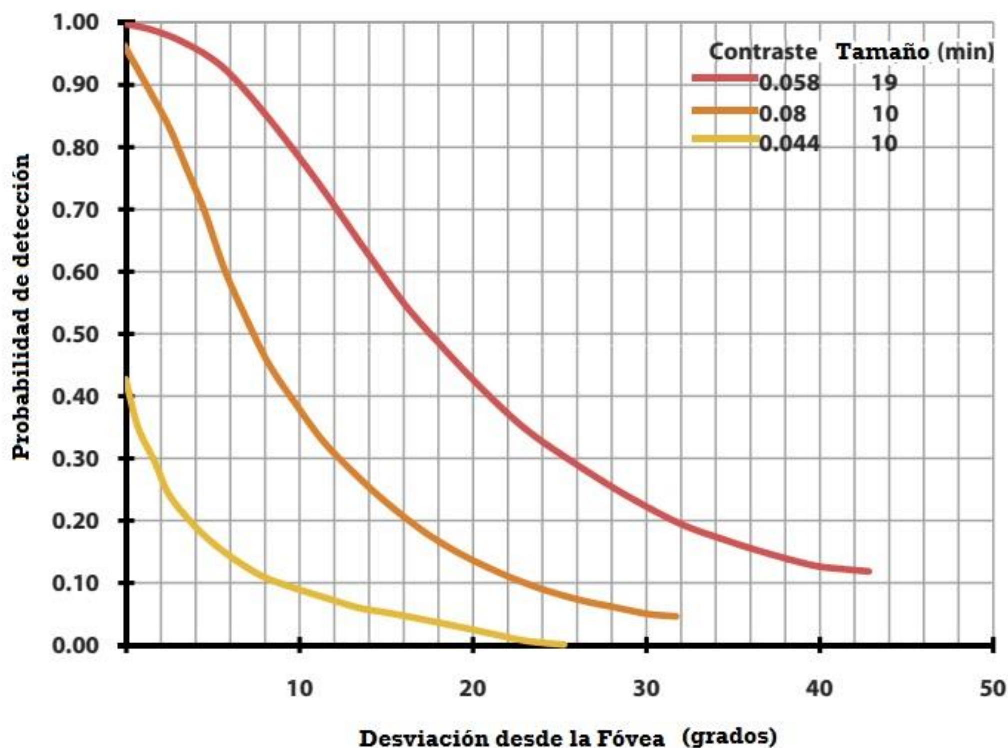
tamaño, forma, color, movimiento y parpadeo [34] [35]. La figura 4.20 muestra la probabilidad de detectar el objeto dentro de una pausa de fijación, para 3 objetivos de diferente tamaño y contraste.

Esta probabilidad es máxima cuando el objetivo se ve con la fóvea y disminuye con una excentricidad creciente desde la fóvea. Se supone que la distribución de probabilidad es radialmente simétrico sobre el eje visual, lo que da como resultado contornos circulares de igual probabilidad de detección dentro de una pausa de fijación alrededor del punto de fijación. Dado que la distancia de interfijación está relacionada con el ancho de la curva de probabilidad, y que la búsqueda del

área es fija, el tiempo necesario para encontrar un objetivo está inversamente relacionado con la probabilidad de detección.

FIGURA 4.20 | EXCENTRICIDAD Y DETECCIÓN

La probabilidad de detectar un objetivo con una pausa de fijación única, en función del ángulo de la distancia desde el eje visual de fijación. Los datos son para tres blancos. **a: contraste = 0,058, tamaño = 19 min. b: contraste=0,08, tamaño=10** min. **C: contraste = 0,044, tamaño = 10 min**. Datos de [32]



Para objetos que aparecen en un campo uniforme, la curva de probabilidad se basa en la detección del objeto para objetos que aparecen entre otros objetos similares, la curva de probabilidad está basada en la discriminabilidad del objeto de los otros que lo rodean. La búsqueda visual es más rápida para objetivos que tienen la curva de probabilidad más amplia.

4.7.2 RENDIMIENTO VISUAL RELATIVO

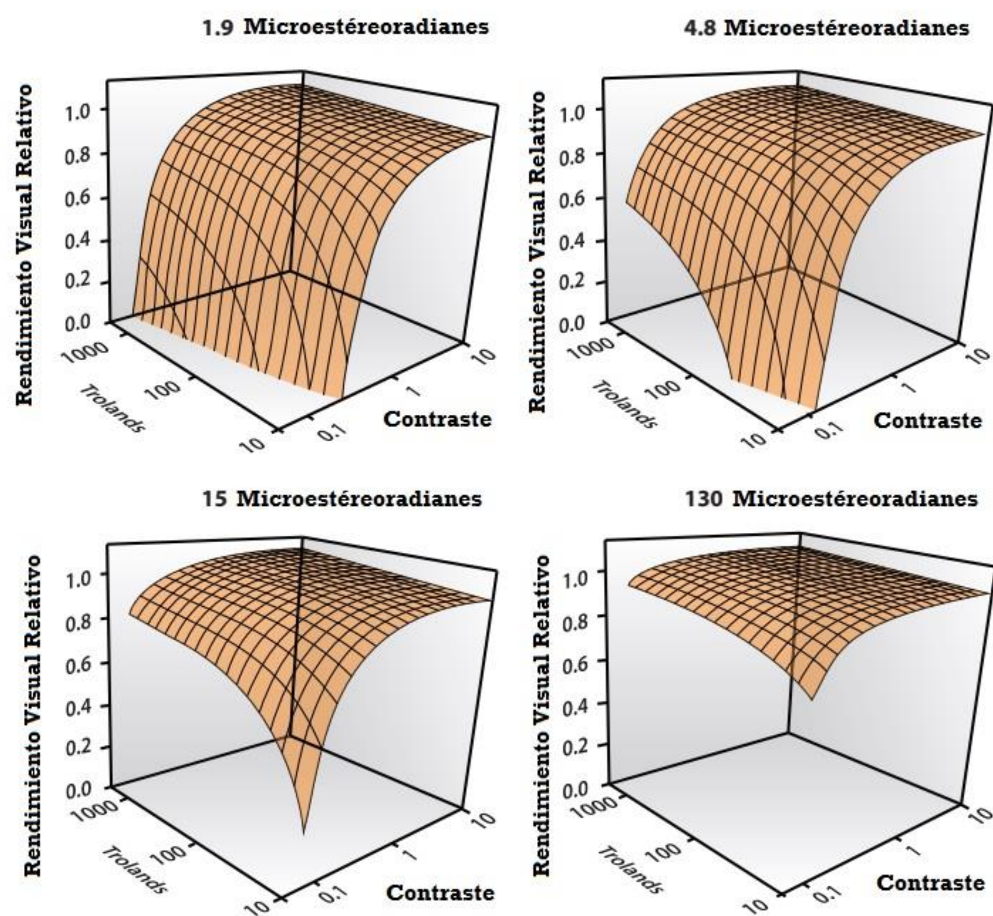
Se ha demostrado que, en general, no es posible predecir con precisión el supraumbral de rendimiento a partir del umbral de rendimiento [36]. Por esta razón, se han realizado varios estudios realizado en tareas reales efectuadas en visibilidad supraumbral para determinar cómo la iluminación afecta el rendimiento [37] [38] [39] [40] [41]. Este enfoque permitió al experimentador para evaluar el desempeño de una tarea específica en condiciones supraumbral, pero fue difícil generalizar los resultados con alta precisión con otros, incluso superficialmente en tareas similares porque era imposible separar los componentes visuales de los no visuales de actuación.

El modelo de rendimiento visual relativo (RVP) es un modelo cuantitativo, modelo basado en un extenso conjunto de datos que consiste en los cambios que ocurren en el tiempo de reacción para la detección de estímulos visuales vistos por la fóvea [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49]. Las condiciones cubiertas en el conjunto de datos representan una amplia gama de luminancias de adaptación, contrastes de luminancia y tamaños visuales. Usando el tiempo de reacción simple

como medida, este modelo intenta minimizar los componentes no visuales en la tarea. Al basar el modelo sobre la diferencia en los tiempos de reacción desde el tiempo de reacción mínimo observado, para diferentes combinaciones de luminancia de adaptación, contraste de luminancia y tamaño visual, el efecto de cualquier componente no visual restante se minimiza aún más. Por lo tanto, el modelo RVP muestra el efecto de la luminancia de adaptación, el contraste de luminancia y el tamaño visual en el rendimiento visual supraumbral sin diluir por componentes no visuales. La Figura 4.21 muestra la forma del modelo de rendimiento visual relativo (RVP) para cuatro tamaños diferentes de tareas visuales, siendo cada superficie para una gama de contrastes de luminancia e iluminancias retinales. En general la forma de la superficie de rendimiento visual relativa se ha descrito como una meseta y una escarpa. En esencia, muestra que el sistema visual es capaz de un alto nivel de rendimiento en una amplia gama de tamaños visuales, contrastes de luminancia e iluminaciones retinianas (la meseta), pero en algún momento el tamaño visual, el contraste de luminancias o la iluminación retiniana se vuelven insuficientes y el rendimiento visual colapsa rápidamente (la escarpa) hacia un estado de umbral.

FIGURA 4.21 | VISUAL RELATIVO ACTUACIÓN

El rendimiento visual relativo derivado del desempeño de la tarea de verificación numérica, como función del contraste de tareas, iluminancia retiniana y el tamaño del objetivo medido en ángulo sólido.



El modelo RVP proporciona un medio cuantitativo para predecir los efectos de cambiar el tamaño de la tarea, contraste de luminancia o luminancia de adaptación para el eje, supraumbral en el rendimiento visual.
Es aplicable a luminancias en el rango fotópico pero no tiene en cuenta la consideración el efecto de la reducción de la calidad de la imagen retiniana causada por la acomodación limitada, ni el efecto de las diferencias de color entre el objetivo y el fondo. Puede ser solamente aplicado una vez que se toma una decisión sobre lo que constituye el verdadero tamaño crítico del objetivo. El modelo RVP ha sido validado porque se ha demostrado que predice la forma del cambio en el rendimiento producido por diferentes condiciones de iluminación, medido en tres experimentos independientes, usando diferentes tareas visuales [39, 40, 41,42]. Se puede aplicar utilizando variables de entrada que se pueden medir directamente desde la tarea. El modelo RVP se limita a predecir el rendimiento que se puede describir utilizando la velocidad y la precisión. Mas este modelo no predice bien el rendimiento complejo o basado en la cognición.
También se debe tener en cuenta que el modelo RVP se basa en el contraste de luminancia presentado para el observador, independientemente de cómo se logre ese contraste. Esto significa que tanto la polarización como la distribución de la luz pueden afectar el rendimiento visual para tareas que involucran materiales reflectantes, porque ambos pueden cambiar el contraste de luminancia [20, 28]. La distribución de la luz puede producir reflejos de velo que pueden hacer que el contraste de luminancia sea mayor o menor, dependiendo de la disposición específica de los materiales. El cambio en el contraste de luminancia puede ser grande pero es difícil de controlar porque depende críticamente de la geometría entre la fuente de luminancia reflejada, la tarea y el observador y un pequeño cambio en posición de cualquiera de estas entidades puede cambiar notablemente el contraste de luminancia [40]. La polarización, en principio, es capaz de reducir la luz reflejada especularmente, pero esto también depende de la geometría entre la fuente de luz polarizada, la superficie reflectante y el observador, así como la magnitud y naturaleza de la polarización [53].

4.8 PERCEPCIONES DE FORMA Y PROFUNDIDAD

4.8.1 PERCEPCIONES DE FORMAS Y PATRONES

Las señales que surgen de la oposición de campos receptivos de varios tamaños capturan la presencia de bordes en una escena visual compleja. Estas señales y la forma en que son combinados por el cableado del sistema visual, producen actividad neuronal en áreas del sistema de la corteza visual que están sintonizados para responder sólo a las barras luminosas o rejillas de varios espacios de frecuencias y orientaciones. De esta manera, se descomponen patrones luminosos complejos o descompuestos en las frecuencias espaciales fundamentales más simples que los componen. Todas las escenas, por complejas que sean, pueden considerarse construidas a partir de estos elementos espaciales fundamentales de frecuencias [54].
Esto es análogo a la descomposición de una onda o señal compleja en su componente fundamental de componentes sinusoidales, conocido como análisis de Fourier [55]. La Figura 4.22 da un ejemplo de cómo se puede considerar que una onda cuadrada está compuesta por la suma de ondas sinusoidales de varias frecuencias y magnitudes.
La percepción de formas y patrones surge, en parte, de la operación de esta frecuencia de descomposición espacial o análisis realizado por el sistema visual. La forma general o los aspectos a gran escala de la percepción de los objetos visuales provienen de la barra ancha o espacial baja con la información de frecuencia. La percepción del detalle de los objetos visuales proviene de la barra estrecha o información de alta frecuencia espacial.

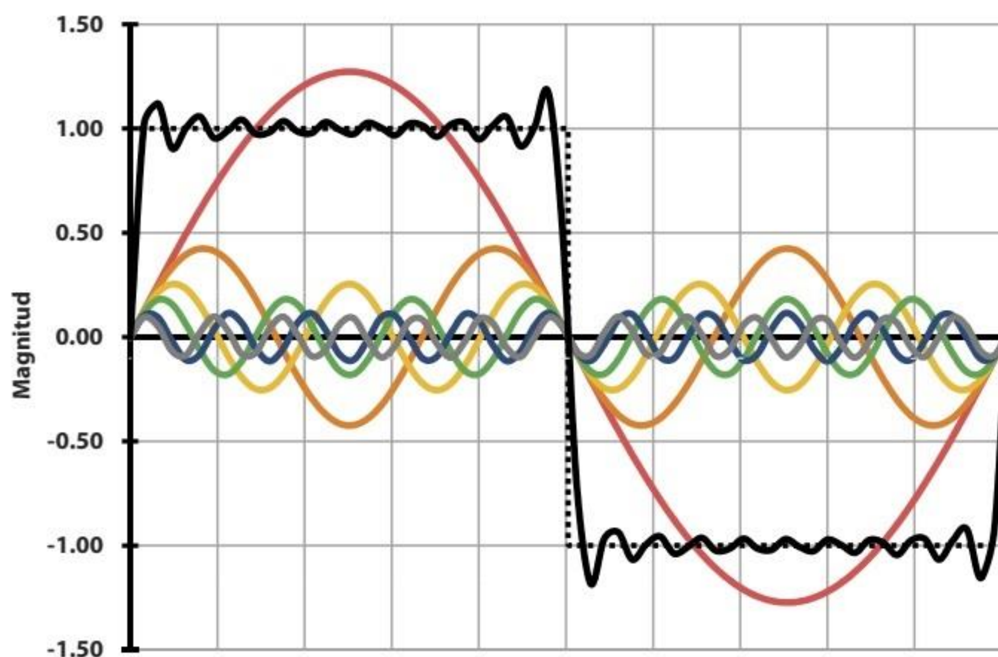
4.8.2 PAPEL DE LA VISIÓN ESPACIAL EN LA DETECCIÓN DE BORDES

La capacidad de percibir detalles y detectar bordes se basa en la sensibilidad al contraste a altas frecuencias espaciales. Las curvas de la figura 4.14 muestran el límite entre lo visible y lo invisible de frecuencias espaciales en función de la luminancia de adaptación. Como se muestra en la Figura 4.22, los bordes generan o se componen de altas frecuencias espaciales y muestra por qué la detección de altas frecuencias espaciales es importante para la visión.

La edad afecta significativamente la sensibilidad al contraste espacial en frecuencias espaciales altas [56]; la sensibilidad a 12 ciclos por grado para la mayoría de las personas de 65 años es menos de la mitad de la de la mayoría de los de 20 años de edad.

FIGURA 4.22 | VISUAL RELATIVO ACTUACIÓN

Representación de Fourier de una onda cuadrada por la suma de varias ondas puramente sinusoidales. Si en cada punto a lo largo de la escala horizontal se suman los valores de las diversas ondas sinusoidales en ese punto (positivo y negativo), el resultado graficado es la onda casi cuadrada. La adición de frecuencias altas agrega detalles, haciendo que la onda sea más cuadrada.



4.8.3 EFECTO DE LA ILUMINACIÓN EN LA PERCEPCIÓN DE FORMAS Y PATRONES

La percepción de formas y patrones puede verse afectada por la iluminación. La Figura 4.14 muestra el efecto de luminancias de adaptación más bajas: sensibilidad de frecuencia espacial más baja en general con una reducción es la sensibilidad a altas frecuencias espaciales. Las condiciones de baja luminancia pueden, por lo tanto, reducir o eliminar la percepción del detalle.

4.8.4 PERCEPCIÓN DE PROFUNDIDAD

La percepción de profundidad surge de señales oculomotoras y visuales. Las señales oculomotoras implican acomodación (cambio en el poder de enfoque del ojo) y vergencia (cambio en la posición o el ángulo del ojo). Las señales visuales implican la interposición y superposición de objetos, el tamaño, la perspectiva y el paralaje de movimiento. La percepción del tamaño y la profundidad están estrechamente relacionadas; el tamaño de objetos familiares gobierna a menudo la percepción de la profundidad. A medida que un objeto retrocede, su imagen retiniana se vuelve más pequeña, pero la

percepción de su tamaño se mantiene constante. La familiaridad, textura y superposición proporcionan pistas sobre la mayor distancia del objeto y se tienen en cuenta inconscientemente.
Estas son las principales señales monoculares para la percepción de profundidad. Otras señales provienen de ambos ojos y proporcionan la estereopsis: la capacidad binocular para juzgar la profundidad relativa. Éstas incluyen disparidad retiniana, la ligera diferencia en la posición de los objetos en las dos retinas.

4.8.4 EFECTO DE LA ILUMINACIÓN EN LA PERCEPCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

La luminancia y el color pueden afectar la percepción de la profundidad. Los patrones de luminancia y las sombras pueden establecer orden de interposición y jerarquía de profundidad. La iluminación también puede acentuar o disminuir la percepción de la textura en una superficie y, por lo tanto, mejorar o suprimir el degradado de la textura como señal de profundidad. Las superficies de colores cálidos, especialmente el rojo, generalmente se perciben como “cercanas” y las superficies de colores fríos generalmente se perciben como "distantes" [57, 58, 59, 60, 61], por lo tanto los tonos cálidos parecen avanzar y los tonos fríos parecen alejarse del observador.

4.9 PERCEPCIONES ESPACIALES

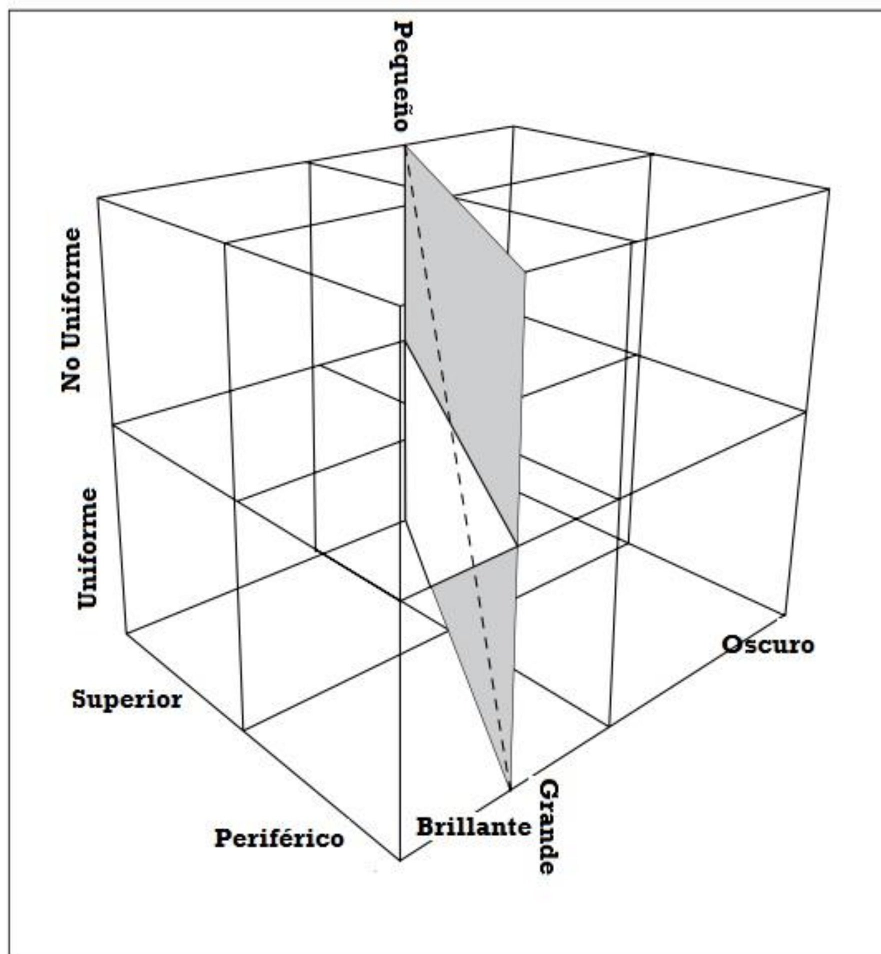
La magnitud y distribución de las luminancias en un interior pueden afectar las percepciones de un espacio. En una serie de estudios realizados en interiores en funcionamiento donde se iba a trabajar, se encontró que ciertos factores subjetivos se correlacionan con varias impresiones producido por los espacios [62] [63] [64] [65] [66] [67]. Todos los estudios muestran que el brillo/oscurecimiento y uniformidad/falta de uniformidad son dos dimensiones de factores subjetivos utilizados por los observadores para evaluar el entorno. A veces se encuentra una tercera dimensión: sobrecarga/periférica en un estudio, simple/complejo en otro. Las impresiones correlacionadas con estas dimensiones incluyen amplitud, preferencia o atracción visual, claridad visual, privacidad y relajación. La figura 4.23 muestra la relación entre los factores subjetivos y la impresión de amplitud de un estudio [56].

4.10 DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento ocurre de dos maneras: la luminancia es demasiado alta o las relaciones de luminancia son demasiado altas. Primero, es posible tener demasiada luz. Demasiada luz produce una fotofobia como respuesta simple, en la que el observador entrecierra los ojos, parpadea o mira hacia otro lado. Demasiada luz es común a plena luz del sol. La única solución a este problema es reducir la iluminancia retiniana oscureciendo una parte brillante del campo visual (usando una gorra con visera) o reduciendo la luminancia de todo el campo visual (usando anteojos de sol). En segundo lugar, se produce un deslumbramiento cuando el rango de luminancia en un entorno visual es demasiado grande. El deslumbramiento de este tipo puede tener dos efectos: una sensación de incomodidad y una reducción del rendimiento visual.

FIGURA 4.23 | FACTORES QUE AFECTAN LA PERCEPCIÓN DE AMPLITUD

La impresión de amplitud relacionada con las tres dimensiones de brillante/oscuro, superior/periférico y uniforme/no uniforme. La impresión de amplitud se mueve a lo largo de la línea en el plano sombreado y como el cambio de los valores de las tres dimensiones. Amplio se asocia con espacios luminosos, periféricos y uniformemente iluminados.



4.10.1 DESLUMBRAMIENTO MOLESTO

El deslumbramiento molesto es una sensación de molestia o dolor causada por altas luminancias en el campo de visión. La causa del deslumbramiento molesto no se comprende bien. A pesar de esta falta de comprensión del mecanismo causal, se sabe que cuatro factores participan en la percepción del deslumbramiento molesto [61] [62] [63] [64] [65] [66] [67]:

1. Luminancia de la fuente de deslumbramiento,
2. Tamaño de la fuente de deslumbramiento,
3. Posición de la fuente en el campo de visión, y
4. Luminancia del fondo

El efecto del tamaño de la fuente [64] y la posición [66] sobre el deslumbramiento molesto se muestran en las Figuras 4.24 y 4.25, respectivamente. Además, el potencial de deslumbramiento relativo de la fuente disminuye aproximadamente como la raíz cuadrada de la luminancia de fondo. [61]
Las relaciones entre estos factores y la percepción de que una fuente está en o más allá del punto de causar molestias y son bien conocidos y se han utilizado para desarrollar una serie de sistemas de predicción empírica en diferentes

países.[65] [68] En América del Norte, el sistema de predicción empírico es el sistema de Probabilidad de Confort Visual (VCP) [65]. Este sistema se basa en evaluaciones de deslumbramiento incómodo para diferentes tamaños, luminancias y número de fuentes de deslumbramiento, sus ubicaciones en el campo de visión y la luminancia de fondo contra la cual se ven, para las condiciones que probablemente ocurran en la iluminación interior. El criterio utilizado para medir el efecto de estas variables es la luminancia sólo necesaria para causar incomodidad, un criterio de umbral denominado el límite de comodidad e incomodidad (BCD).[61]
El sistema de probabilidad de confort visual (VCP) evalúa los sistemas de iluminación en términos de porcentaje de la población observadora que aceptará que el sistema de iluminación y su entorno no son incómodos, utilizando la percepción del deslumbramiento. Ver 10.9.2 Cálculo de Deslumbramiento para una descripción del procedimiento computacional y los límites de aplicabilidad.

Mientras que el sistema VCP se usa en América del Norte, el resto del mundo usa un sistema un poco diferente de predicción del deslumbramiento molesto. Casi todos estos sistemas se basan en una fórmula que implica que el deslumbramiento molesto aumenta a medida que aumenta la luminancia y el ángulo sólido de la fuente de deslumbramiento en el ojo, aumenta y disminuye a medida que la luminancia del fondo y la desviación aumenta de la fuente de deslumbramiento de la línea de visión.[68] Métodos de cálculo del deslumbramiento molesto se describen en 10.9.2 Cálculo del deslumbramiento.

Las evaluaciones comparativas entre los diferentes sistemas de predicción del deslumbramiento molesto para una gama común de instalaciones han demostrado que sus predicciones están bien correlacionadas y que ninguno es significativamente más preciso que los demás en la predicción de la sensación de incomodidad, aunque cada sistema tiene limitaciones [69] [70] [71]. Todos dan predicciones razonables para la incomodidad promedio de un grupo de personas, pero dan sólo predicciones pobres para la respuesta de un individuo [72]. El CIE elaboró un sistema de consenso para predecir el deslumbramiento molesto: el Sistema Unificado de Clasificación de Deslumbramiento (UGR) [73]. La precisión con la que el sistema UGR puede predecir el nivel de incomodidad producido por una fuente de deslumbramiento para un grupo de personas ha sido demostrado ser alto [74]. Consulte 10.9.2 Cálculo del deslumbramiento para obtener una descripción del procedimiento de cálculo para UGR y los límites de aplicabilidad.
Los sistemas VCP y UGR se basan y son aplicables a los sistemas de iluminación eléctrica.
El Discomfort Glare Index (DGI) (Índice Desconfortable de Deslumbramiento) fue desarrollado para la evaluación del deslumbramiento de las ventanas. La determinación de DGI implica los mismos parámetros que los utilizados para determinar VCP y UGR. Consulte 10.9.2 Cálculo del deslumbramiento para conocer el proceso de cálculo de DGI.

FIGURA 4.24 | TAMAÑO DE FUENTE E INCOMODIDAD DEL DESLUMBRAMIENTO

El efecto del ángulo sólido de la fuente sobre el potencial de deslumbramiento relativo de la fuente.

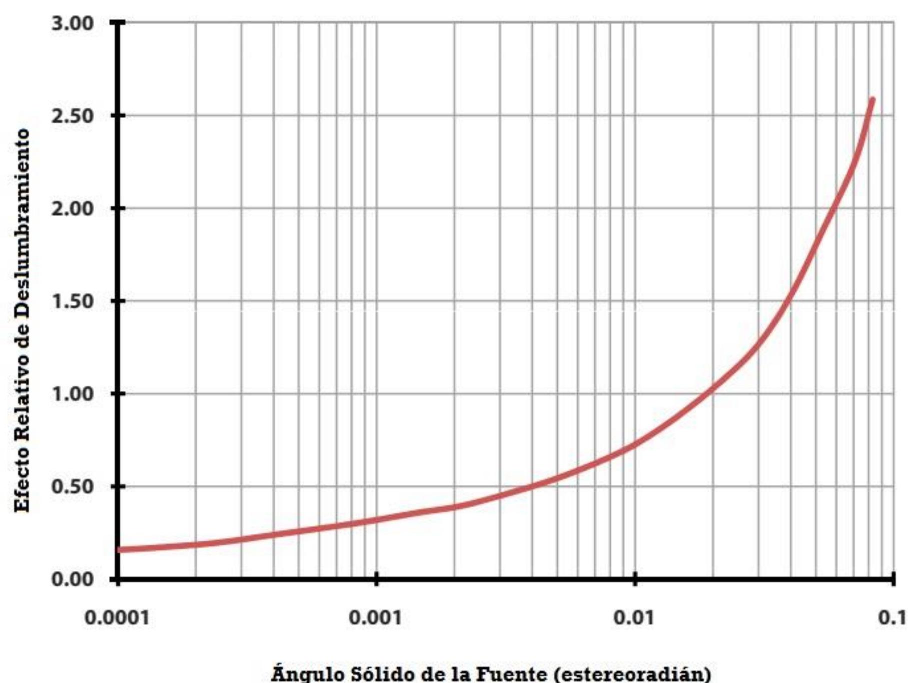
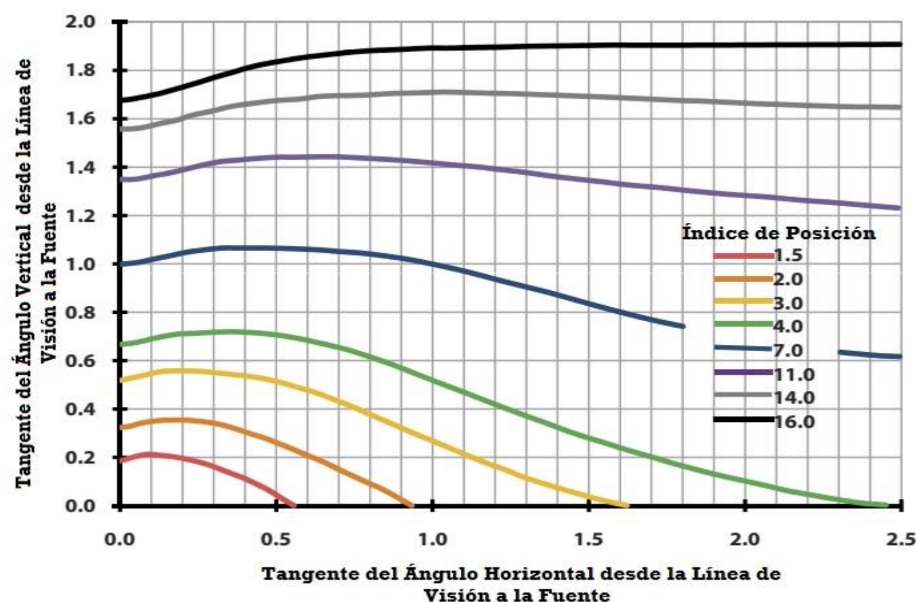


FIGURA 4.25 | POSICIÓN DE ORIGEN E INCOMODIDAD DEL DESLUMBRAMIENTO

El Inverso del efecto de la posición de la fuente en el potencial de deslumbramiento relativo de la fuente. La posición está especificada por las tangentes del ángulo por encima de la línea de visión (V/R), y a la izquierda o a la derecha de la mira de línea (L/R). El potencial para la incomodidad, el deslumbramiento disminuye rápidamente a medida que la fuente se mueve fuera de la línea de visión.



4.10.2 DESLUMBRAMIENTO POR DISCAPACIDAD

El deslumbramiento que reduce la visibilidad se denomina deslumbramiento por discapacidad y se debe a la luz dispersada en el ojo, reduciendo el contraste de luminancia de la imagen retiniana. El efecto de la luz dispersa en el contraste de luminancia del objetivo se puede imitar agregando un "velo" uniforme de luminancia al objetivo. La magnitud del

deslumbramiento por discapacidad se puede estimar calculando esta luminancia de velo equivalente. Diferentes estudios [75][76] [77] [78] [79] han examinado el papel de la luminancia de la fuente de deslumbramiento y la separación angular del objeto principal de consideración como productores de deslumbramiento incapacitante; cada uno ha producido funciones ligeramente diferentes, pero una expresión universal ha sido desarrollada por la CIE [80]:

$$L_v = 10 \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{E_i}{\theta_i^3} + \frac{E_i}{2\left[1 + \left(\frac{A}{6.25}\right)^4 \theta_i^2\right]} \right] \quad (4.13)$$

Dónde:

Lv= luminancia de velo equivalente en cd/m^2,

$E_{i=}$ iluminancia de la i-ésima fuente de deslumbramiento en el ojo en lux,

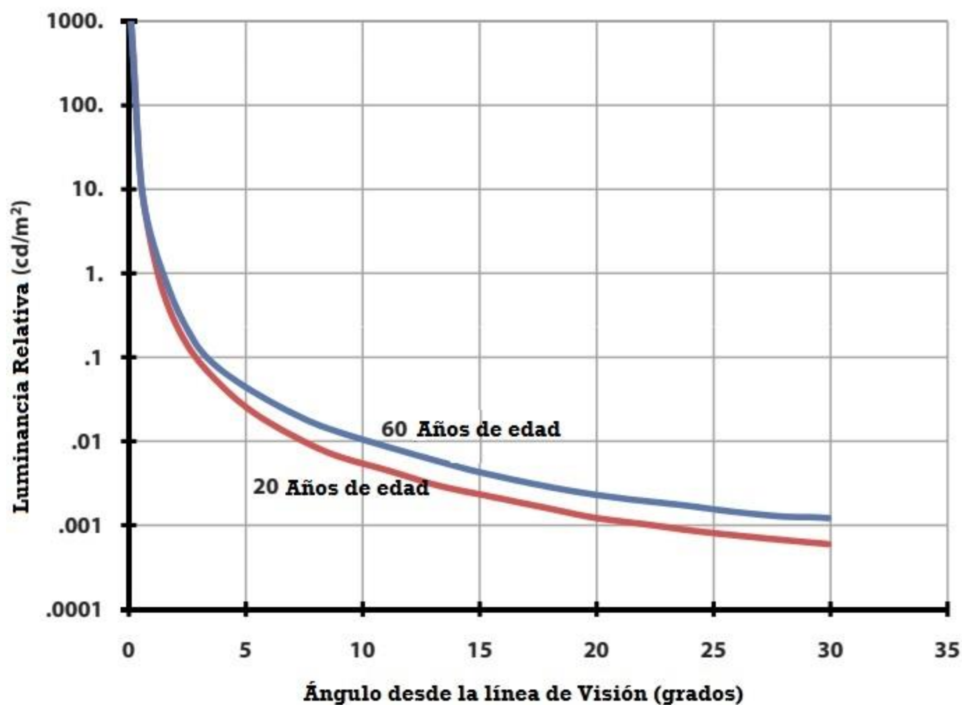
$\theta_{i=}$ ángulo entre el objetivo y la i-ésima fuente de deslumbramiento en grados, y

A= Edad del observador en años

La Figura 4.26 representa los valores de la luminancia de velo equivalente calculados a partir de la ecuación 4-12 y muestra el efecto de una fuente fuera de la línea de visión en función de la posición, para diferentes edades de los observadores.

FIGURA 4.26 | RESPLANDOR DE DISCAPACIDAD

La luminancia de velo por unidad de iluminancia en el ojo producido por una fuente, como una función de distancia angular desde la línea de visión, para tres grupos de edad de observadores.



El efecto del deslumbramiento por discapacidad en el contraste de luminancia del objetivo percibido puede ser determinado sumando la luminancia de velo equivalente a todos los elementos en las fórmulas para el contraste de luminancia (Ecuaciones 4-5 a 4-7).

Aunque comúnmente se piensa que el deslumbramiento por discapacidad proviene de fuentes discretas, como los faros de los automóviles que se aproximan, cada punto luminoso en el espacio actúa como una fuente de luz parásita y reduce el contraste, lo que hace que los bordes del campo visual sean menos visibles. El término de iluminancia en el ojo en la Ecuación 4.12 integra los efectos de dispersión producido por la luz parásita de todos los puntos. El deslumbramiento por discapacidad rara vez es importante en aplicaciones de interior, pero es común en las carreteras por la noche debido a los faros que se aproximan y durante el día con sol. El deslumbramiento por discapacidad también suele causar molestias, pero es posible tener discapacidad deslumbramiento sin molestias cuando la fuente de deslumbramiento es grande. Esto se puede ver cuando miramos el arte colgado en una pared adyacente a una ventana. El arte por lo general será mucho más fácil de ver cuando los ojos están protegidos de la ventana.

4.11 Rendimiento, percepciones e iluminación Recomendaciones

La calidad del entorno visual está determinada por qué tan bien apoya el entorno visual a las actividades dentro de un espacio o área iluminada, qué tan bien revela las características del espacio o área, y qué efecto tiene el entorno en el estado físico y emocional de los ocupantes. Las dimensiones de la calidad ambiental visual incluyen: visibilidad; rendimiento de la tarea; estado de ánimo y atmósfera; confort visual; juicio estético; Salud , Seguridad, bienestar y

comunicación social. La guía de diseño de iluminación abarca todos estas dimensiones y dado que algunas cuestiones cobran más importancia que otras en determinadas situaciones la orientación de las iluminaciones, debe ser y suele ser específica de la aplicación. La orientación para las aplicaciones de iluminación se encuentran en los respectivos capítulos de aplicación.

Hay algunas dimensiones de la calidad ambiental visual que son importantes cuando se tienen en cuenta las recomendaciones de iluminación. Estas dimensiones son comunes a muchas aplicaciones, son susceptibles de cuantificación y pueden ser informadas por el rendimiento de iluminación e investigación perceptiva. Estos incluyen dos aspectos importantes de muchos entornos iluminados: la iluminancia requerida para la visibilidad; y límites y proporciones de luminancia para mejorar el rendimiento de la tarea, evitar el deslumbramiento molesto y evitar la fatiga asociada con la adaptación transitoria. Estos dos aspectos de la calidad ambiental visual se discuten aquí con recomendaciones cuantitativas presentadas en los respectivos capítulos de aplicación.

4.11.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Como se describe en 4.1 Experimentación psicofísica, un objetivo de la investigación sobre iluminación es vincular desde parámetros simples y cuantificables hasta fenómenos visuales complejos. En algunos casos, los resultados experimentales se pueden interpretar de forma directa. Un ejemplo es una tarea de detección visual, realizado bajo condiciones de umbral estático, como se describe en 4.6.2 Desempeño de umbral.
Las investigaciones de tareas visuales más prácticas y comunes arrojan resultados que son muy útiles, pero menos definitivos; como con las tareas supraumbral descritas en 4.6.3 Práctica rendimiento supraumbral. Estos resultados son menos definitivos porque el rendimiento por encima del umbral puede estar influenciado por muchos factores, y las consideraciones prácticas limitan las investigaciones a sólo los parámetros más importantes o influyentes. Las tareas supraumbral realistas difieren significativamente entre sí y es difícil generalizar los resultados de la investigación de una tarea. Además, a menudo hay interacciones entre parámetros influyentes que no han o no pueden ser explorados completamente. Sin embargo, los resultados de la investigación científica han demostrado ser útiles para orientar las recomendaciones cuantitativas, especialmente cuando se combinan con el sentido común y un proceso basado en el consenso para hacer recomendaciones [81].

Hay dos dificultades principales con la aplicación directa de los resultados de la investigación de iluminación:
diferencias e incertidumbres individuales, y objetivos de diseño que compiten y se superponen.

4.11.1.1 DIFERENCIAS E INCERTIDUMBRES INDIVIDUALES

Cualquier resultado de investigación, por simple y limitado que sea el fenómeno visual, revela una gama de respuestas a los parámetros que la influyen. Esto refleja lo natural e inevitable variación en la población humana y la incertidumbre inherente en los resultados de la investigación. Y por lo que establecer un resultado cuantificable de valor único e interpretado rígidamente casi nunca puede ser justificado. Incluso para una población relativamente pequeña, las respuestas a los estímulos luminosos suelen seguir una distribución normal, la llamada "curva de campana". Por lo tanto, siempre es necesario decidir qué fracción de la población se debe incluir al aplicar los resultados de la investigación y las recomendaciones. Esta última decisión casi nunca puede estar totalmente guiada por la investigación.

4.11.1.2 OBJETIVOS DE DISEÑO QUE COMPITEN Y SE SUPERPONEN

La mayoría de los ambientes luminosos son complejos y tienen múltiples actividades en el mismo espacio o área. Los resultados de la investigación pueden guiar la iluminación de una tarea individual en un solo lugar, pero la investigación no proporciona los mecanismos para establecer las compensaciones entre la importancia de la tarea, localización y uso de recursos o energía.

4.11.2 CONSENSO

El juicio y el consenso son necesarios para cerrar la brecha entre los resultados de investigación de iluminación relativamente aislados y la necesidad práctica de recomendaciones cuantitativas razonables de iluminancia y niveles y relaciones de luminancia. El consenso incluye la consideración de experiencia y estudios de casos y el conocimiento que los acompaña de lo que es necesario o de la iluminancia adecuada.

4.12 UN SISTEMA DE DETERMINACIÓN DE ILUMINANCIA

Esta sección describe un sistema para determinar los valores objetivo de iluminancia. La estructura general del sistema se presenta, incluidos los aspectos de las tareas, los observadores y el contexto que son tenidos en cuenta. Las modificaciones para acomodar la edad del observador y las condiciones de mesópica, también se describen las adaptaciones. El uso de este sistema general con factores específicos para una aplicación da como resultado recomendaciones de iluminancia. Este paso final se describe en los respectivos capítulos de aplicación.

Las recomendaciones de iluminancia brindan orientación para un aspecto del diseño del proceso de iluminación: para proporcionar suficiente iluminancia. Ya sea para garantizar una visibilidad adecuada de la tarea o para generar el nivel general apropiado de luminancias de algunas superficies en un espacio, las recomendaciones iluminancia son valores de consenso informados por la investigación científica, la experiencia, la tecnología disponible, las consideraciones económicas, las mejores prácticas y las preocupaciones energéticas. Dado que estas recomendaciones a menudo forman parte de los criterios de diseño de iluminación o especificaciones y códigos, la intención es proporcionar una guía específica y defendible basada en las fuentes de información enumeradas anteriormente y factores que incluyen características de las tareas y observadores. Las recomendaciones de iluminancia deben usarse sólo junto con otros criterios de iluminación relevantes, como uniformidad de iluminación, modelado facial o de tareas, color, parpadeo, apariencia arquitectónica, deslumbramiento directo y reflejado, y límites de relación de luminancia.

4.12.1 FACTORES

Se utilizan tres factores en la determinación de las iluminancias recomendadas: características de la tarea, importancia de la tarea y características del observador. Las características de la tarea describen lo físico y propiedades fotométricas de la tarea y así definirla como un estímulo visual. La importancia de la tarea se tiene en cuenta como parte del proceso de equilibrar la interacción con otras tareas, la importancia intrínseca del desempeño visual de una tarea en particular, y preocupaciones energéticas.

Las características del observador se limitan aquí a los efectos de la edad sobre la función del sistema visual de los deficientes visuales. Esto incluye la pérdida de la acomodación, la reducción y cambio espectral de la iluminancia retiniana. Ver 2.6.3 Efectos de la edad..

4.12.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA TAREA

Como se muestra en 4.5 Sensibilidad al contraste y 4.7 Rendimiento visual, el tamaño y el contraste de la tarea visual son influencias importantes en la visibilidad y el rendimiento de la tarea. En todos los casos es necesario convertir la extensión física de una tarea a un tamaño visual; ya sea ángulo visual o ángulo sólido.

Para ello, también se debe conocer o estimar la distancia de visualización.

El contraste de luminancia de una tarea utilizada aquí es el definido por la ecuación 4-5. En muchos casos la tarea y su fondo inmediato exhiben una reflectancia lo suficientemente difusa para ser considerada perfectamente difusa, en cuyo caso el contraste de luminancia está determinado completamente por reflectancias:

$$C = \left| \frac{L_t - L_b}{L_b} \right| = \left| \frac{\frac{M_t}{\pi} - \frac{M_b}{\pi}}{\frac{M_b}{\pi}} \right| = \left| \frac{\frac{E\,\rho_t}{\pi} - \frac{E\,\rho_b}{\pi}}{\frac{E\,\rho_b}{\pi}} \right| = \left| \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \right| \quad (4.14)$$

Dónde:

M_t= exitancia de la tarea
M_b= exitancia del plano de fondo
ρ_t= reflectancia difusa de tarea
ρ_b= reflectancia difusa del plano de fondo

En este caso, el contraste de luminancia es una propiedad fija de la tarea que no se ve afectada por la iluminación proporcionada en la aplicación. Algunos materiales de tareas exhiben reflectancia direccional y así la tarea y la luminancia de fondo pueden ser una función no sólo de la iluminancia sino también las direcciones de incidencia y vista. En este caso, las recomendaciones de iluminancia van acompañados de una guía para la colocación del equipo de iluminación en relación con la tarea o por precauciones con respecto a los efectos de la geometría de iluminación.
A menos que se indique lo contrario, se supone que el tiempo para ver la tarea no está limitado y que el observador tiene control sobre el tiempo para ver la tarea. En algunos casos, la tarea se está moviendo o sólo se puede ver en destellos. En estos casos la tarea es más difícil de realizar y las iluminancias recomendadas son más altas que para tareas estáticas.
Algunas tareas se realizan mejor con niveles de iluminancia bajos y las iluminancias recomendadas se presentan como máximos. Los ejemplos incluyen algunos trabajos con imágenes de computadora, expositores y algunas tareas autoiluminadas.
Para algunas tareas, la visibilidad requerida es sólo detección, reconocimiento o comprensión y el desempeño de la tarea tiene sólo consecuencias modestas. Los ejemplos incluyen leer un periódico o caminando en un pasillo. Sin embargo, para algunas tareas la importancia de la velocidad y la precisión es alta y la salud y el bienestar están en riesgo. Los ejemplos incluyen trabajo en farmacias, diagnóstico médico, cirugía, conducción y trabajo de cocina con cuchillos. En estos casos las iluminancias recomendadas son más altas que para tareas donde la velocidad y la precisión no son importantes.

4.12.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL OBSERVADOR

La “edad visual” se utiliza aquí para indicar el estado de los sistemas visuales de los observadores. Para las personas con visión normal, esta es su edad cronológica. Las deficiencias visuales pueden afectar al sistema visual del individuo para que funcione como el de una persona mayor; su edad visual puede ser mayor que su edad cronológica. La edad visual determina el efecto final de la tarea de luminancia, tamaño y contraste. La Iluminancia retiniana reducida, cambio espectral, dispersión de la luz y la imagen borrosa son todas consecuencias del avance de la edad visual. Donde corresponda, las iluminancias recomendadas se ajustan para tener en cuenta la edad visual. Ver 2.6 Consecuencias para Diseño de Iluminación.

4.12.2 BASE

El apoyo y la verificación de los valores de consenso de las recomendaciones de iluminancia son proporcionadas por los resultados de la investigación de tareas visuales supraumbral, incluida la visual relativa para el modelo de desempeño (ver 4.7.2 Rendimiento Visual Relativo). Además, los datos que describen los efectos de la edad visual sobre la cantidad y la composición espectral de la iluminancia retiniana son también tomados en cuenta.
La forma fundamental de las recomendaciones de iluminancia es una serie de rangos de iluminancia que van desde 0,5 lux hasta 20.000 lux, agrupados para aplicaciones de iluminación exterior de bajo nivel principalmente y aplicaciones de alto nivel principalmente en interiores. Los incrementos entre cada rango de iluminancias es de aproximadamente 30%,

lo que refleja el hecho psicofísico de que se requiere un cambio en el estímulo de aproximadamente ½ unidad logarítmica para cambiar la respuesta en una manera significativa. Estos incrementos también están diseñados para proporcionar la granularidad necesaria para dar cabida a un refinamiento cada vez mayor de las tareas, nuevas tareas y una mejor orientación de la energía de iluminación. La Tabla 4.1 muestra los rangos de iluminancia involucrados y una discusión de las tareas correspondientes.

Un valor particular de esta serie escalonada se asigna a una tarea en base a una evaluación del probable contraste inherente, el tamaño, la reflectancia de la tarea y la probable importancia de la velocidad y exactitud en su desempeño. También se supone que los observadores tienen entre 25 y 65 años de edad.

Si se sabe que más del 50% de la población utiliza la iluminación del sistema propuesto y tiene más de 65 años, entonces se duplica la iluminancia recomendada. Si se sabe que más del 50% de la población que utiliza el sistema de iluminación propuesto es menor de 25, la iluminancia recomendada se reduce a la mitad.

Una tarea con características tan difíciles, o una importancia tan extraordinaria, o tiene consecuencias de rendimiento tan nefastas, que se le asigna una iluminancia recomendada fuera de la serie antes descrita. Estos son casos muy especiales y se señalan como tales. En otros casos, una tarea puede ser autoluminosa o tener características de reflectancia que se atienden mejor por niveles de iluminancia bajos, por lo que esas recomendaciones son para una iluminancia máxima.

4.12.3 EFECTOS ESPECTRALES

Al aplicar las recomendaciones de iluminancia, se debe suponer que el estado de adaptación del sistema visual es fotópico, a menos que se pueda determinar lo contrario. Sin embargo, el pico visual de la eficacia del sistema depende de la adaptación y, como se describe en 2.4.3 Visión mesópica, cambia a longitudes de onda más cortas a medida que disminuye la luminancia de adaptación. Si se conoce el estado de adaptación como mesópico, entonces se puede hacer algún ajuste basado en la composición espectral de las luminancias. En estas aplicaciones, es muy probable que las reflectancias involucradas sean acromáticas, o casi, y por lo tanto la composición espectral de las luminancias superficiales puede ser y se supone que es igual a la composición espectral de la iluminancia, que es, a su vez, es la misma que la composición espectral de la fuente.

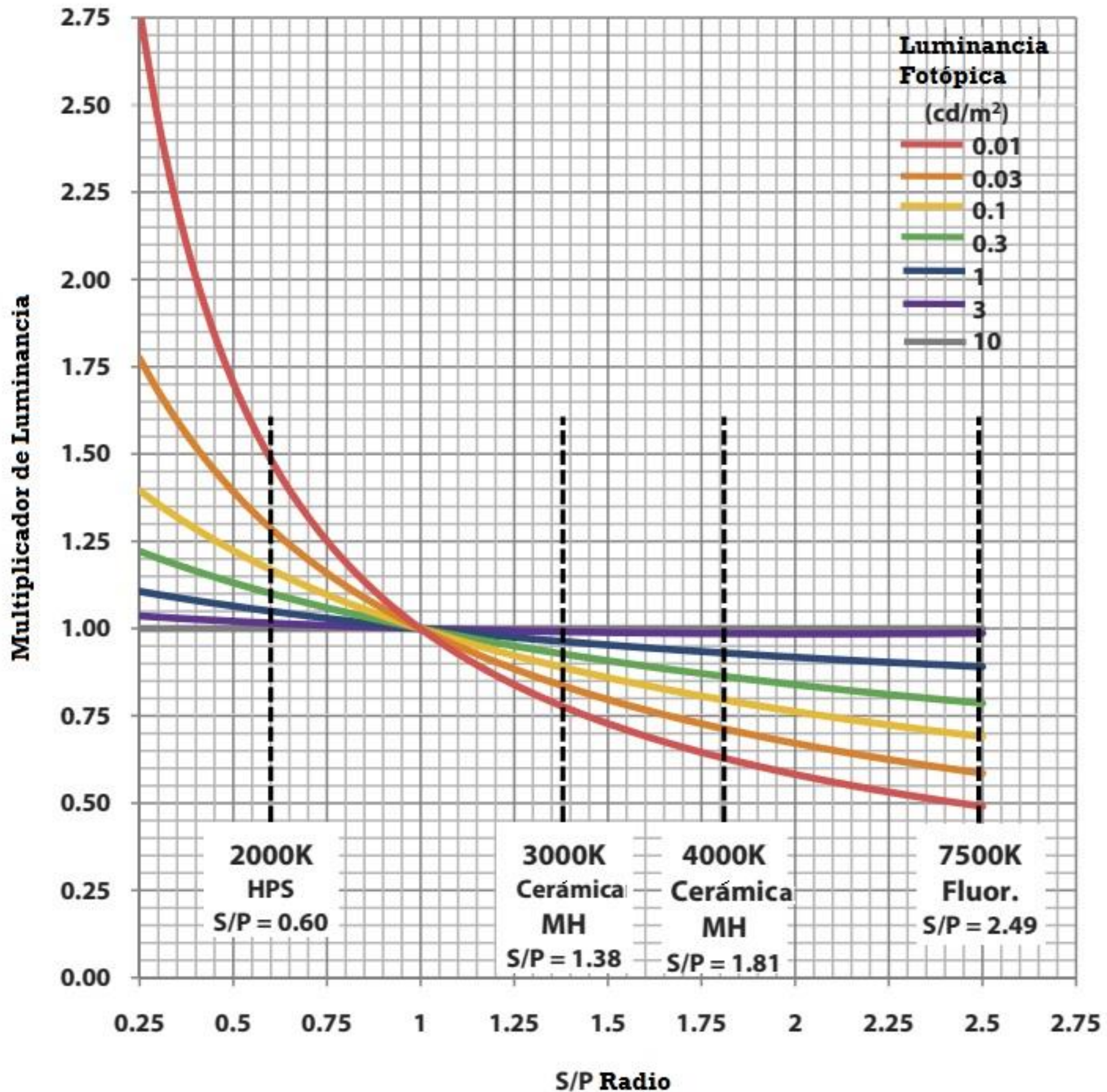
La relación escotópica-fotópica (S/P) de la radiación óptica se utiliza como un indicador de valor único de la naturaleza de su espectro; cuanto mayor sea el valor, las más dominantes son los más cortas longitudes de onda. Las recomendaciones de iluminancia asumen que la composición espectral de las luminancias involucradas tienen S/P = 1.0. Si se sabe que la composición espectral tiene una relación diferente, entonces se puede hacer un ajuste a la iluminancia recomendada que explica el cambio en la eficacia máxima debido a la adaptación mesópica. La Figura 4.27 muestra multiplicadores que se pueden utilizar para ajustar las iluminancias recomendadas para la adaptación mesópica. Se supone que la adaptación mesópica es igual o inferior a 3 cd/m2 y los multiplicadores de la figura 4.27 pueden usarse sólo para luminancias de adaptación de 3 cd/m2 o menos. Aunque la contabilidad de la adaptación mesópica se aplica a muchas situaciones de iluminación nocturna al aire libre, no debe usarse para ajustar la iluminancia o las luminancias recomendadas para las carreteras donde el límite de velocidad es superior a 40 kph (25 mph). La tabla 4.2 muestra los valores del multiplicador para combinaciones específicas de luminancia de adaptación fotópica y S/P a partir de los datos utilizados para construir la figura 4.27.

CUADRO 4.1 | OBJETIVOS DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS

	Categoría	Objetivos de Iluminancia Recomendados (lux) — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad son <25	25 to 65	>65	Algunas Aplicaciones Típicas y Tareas Características	Descripción del Rendimiento Visual
aplicaciones interiores y exteriores	A	0.5	1	2	• Situaciones adptadas a la oscuridad • Situaciones de conveniencia básicas	Orientación, tareas físicas (menos cognitivas) de escala relativamente grande El rendimiento visual generalmente no está relacionado con el trabajo sino con situaciones sciales con oscuridad y sedentarias, sentidos de seguridad y circulación casual basada en el paisaje , la arquitectura y las personas como tareas visuales
	B	1	2	4	• Situaciones de muy baja actividad	
	C	2	4	8	• Situaciones de ritmo lento • Situaciones de baja densidad	
	D	3	6	12	• Situaciones de ritmo lento a moderado • Situaciones de densidad alta a moderada	
	E	4	8	16		
	F	5	10	20	• Situaciones de ritmo moderado a rápido • Situaciones de alta densidad • Algunas situaciones de circulación muy ténues en interiores • Algunas situaciones sociales en interiores	
	G	7.5	15	30		
	H	10	20	40		
interior y exterior	I	15	30	60	• Intersecciones al exterior congestionadas significativas e importantes puntos de decisión, lugares de reunión y puntos claves de interés • Algunas situaciones sociales en interiores • Algunas situaciones comerciales en interiores	
aplicaciones interiores y exteriores	J	20	40	80	• Algunas situaciones comerciales en exteriores • Algunas situaciones sociales en interiores • Algunas situaciones comerciales en interiores	Actividad social común y tareas grandes y/o de alto contraste El rendimiento visual implica una evaluación de alto nivel del paisaje, la arquitectura, las personas y puede estar relacionado con el trabajo
	K	25	50	100		
	L	37.5	75	150		
	M	50	100	200		
	N	75	150	300		
	O	100	200	400		
	P	150	300	600	• Algunas situaciones sociales en interiores • Algunas situaciones educativas en interiores • Algunas situaciones comerciales en interiores • Algunas situaciones deportivas en interiores	Tareas visuales comunes, de escala relativamente pequeña más cognitivas o de rendimiento rápido El rendimiento visual suele estar relacionado con la vida diaria y el trabajo e incluye mucha lectura y escritura de copias impresas medios electrónicos de forma consecutiva y/o simultánea.
	Q	200	400	800	• Algunas situaciones educativas en interiores • Algunas situaciones comerciales en interiores • Algunas situaciones deportivas en interiores • Algunas situaciones industriales en interiores	
	R	250	500	1000		
	S	375	750	1500		
	T	500	1000	2000	• Algunas situaciones deportivas • Algunas situaciones comerciales en interiores • Algunas situaciones industriales en interiores	Tareas visuales cognitivas a pequeña escala El rendimiento visual está relacionado con el trabajo o los deportes, inspección fina cercana y distante, detalles muy pequeños, evaluación y reacción de alta velocidad.
	U	750	1500	3000		
	V	1000	2000	4000		
	W	1500	3000	6000	• Algunas situaciones deportivas • Algunas situaciones industriales en interiores • Algunos procedimiendos de cuidados de salud	Tareas cognitivas inusuales, extremadamente diminutas y/o vitales. El rendimiento visual es de primer orden en los respectivos campos de la atención médica, la industria y los deportes.
aplicaciones en interior	X	2500	5000	10000	• Algunos procedimiendos de cuidados de salud	
	Y	5000	10000	20000		

FIGURA 4.27 | MULTIPLICADORES MESÓPICOS

Los multiplicadores para ajustar los valores de iluminancia fotópica de un objetivo recomendados para la adaptación mesópica.



Para la mayoría de las aplicaciones, la luminancia fotópica prevaleciente se puede encontrar a partir de:

$$L_{photopic} = \frac{1}{\pi}\bar{E}_{photopic}\,\rho_{target} \tag{4.15}$$

Dónde:

$E_{fotópica}$= promedio de la iluminancia fotópica en lux
$\rho_{objetivo}$= valor apropiado de la reflectancia de fondo del objetivo

CUADRO 4.2 | MULTIPLICADORES MESÓPICOS

	Luminancia Fotópica (cd/m^2)					
S/P	3	1	0.3	0.1	0.03	0.01
0.25	1.0364	1.1065	1.2215	1.3951	1.774	2.7717
0.5	1.021	1.0645	1.1315	1.2235	1.3931	1.7044
0.75	1.009	1.0295	1.0594	1.0972	1.159	1.2514
1	1	1	1	1	1	1
1.25	0.9934	0.9748	0.9502	0.9227	0.8846	0.8396
1.5	0.9888	0.9531	0.9078	0.8596	0.7968	0.728
1.75	0.986	0.9343	0.8712	0.8069	0.7276	0.6456
2	0.9848	0.9178	0.8392	0.7623	0.6716	0.5823
2.25	0.9851	0.9035	0.8111	0.7239	0.6251	0.5319
2.5	0.9867	0.8908	0.786	0.6905	0.586	0.4908

4.12.4 APLICACIÓN DE ILUMINANCIA RECOMENDADA A OBJETIVOS

La iluminancia recomendada a objetivos de se consideran iluminancias mantenidas de luz eléctrica y/o luz del día en el área de cobertura definida por el diseñador, a menos que se indique lo contrario a lo anotado. Las recomendaciones se consideran iluminancias mínimas mantenidas en el área de cobertura donde el cliente o el elemento de diseño considera que la tarea involucra la seguridad de la vida o donde la proximidad humano-vehicular y/o la seguridad personal son preocupaciones significativas para tener en cuenta. Además, los requisitos del código reemplazan estas recomendaciones Ver 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz para una discusión sobre la iluminancia mantenida.
Estos valores son objetivos de diseño y como cuestión práctica, se espera una variación de ellos y se puede encontrar en dos etapas del proceso de construcción: en el momento del diseño y en el momento de la puesta en servicio o de la ocupación.

4.12.4.1 ILUMINANCIAS RECOMENDADAS EN EL MOMENTO DEL DISEÑO

Las evaluaciones cuantitativas generalmente se realizan durante el proceso de diseño, utilizando un programa computacional de iluminación para el análisis y para predecir la iluminancia mantenida. Si los cálculos muestran que si los valores de iluminancia predichos difieren en más del 10% de la iluminancia recomendada para el objetivo, esto debe tenerse en cuenta y puede requerir atención. Si los valores pronosticados están por debajo del objetivo de iluminancia en más del 10%, es posible que la visibilidad esperada no sea compatible con la iluminancia proporcionada para una fracción significativa de la población que utiliza este sistema de iluminación. Ver 4.11.1.1 Diferencias e Incertidumbres Individuales. Si un valor predicho está por encima de una recomendación en más del 10%, entonces la sobreiluminación y el uso indebido de energía son resultados discutibles.

4.12.4.2 ILUMINANCIAS RECOMENDADAS EN TIEMPO DE OCUPACIÓN

La evaluación de la iluminancia en el campo por medición es mucho más complicada.
Los factores de pérdida de luz no recuperables y el rendimiento del equipo de medición pueden afectar los resultados. Consulte 9.15 Mediciones de Campo. La medición de campo de las iluminancias realizadas poco después de la instalación del equipo de iluminación o de la ocupación, es necesario tener en cuenta los costos anticipados y los factores de pérdida de luz recuperables y los factores de pérdida de luz no recuperables que se emplearon en los cálculos realizados durante el diseño. A los efectos del rendimiento visual, los valores ajustados que estén dentro del 30 % de los objetivos de iluminancia podrían considerarse aceptables. Consulte 15.3.2 Resultados de Campo.

4.12.4.3 TAREAS LOCALIZADAS

En algunas aplicaciones, se conocen ubicaciones de tareas, como ubicaciones de trabajo en metal en un taller de máquinas. Si se conocen las ubicaciones de las tareas, se aplica al objetivo la iluminancia recomendada y sólo a esos lugares.

4.12.4.4 TAREAS DE ÁREA

En algunas aplicaciones, el objetivo es un área más grande sobre la que se realizan las tareas, como el suelo de un pasillo. Para tareas de área, se debe lograr la iluminancia recomendada para el objetivo sobre esa zona. Cuando la iluminancia del objetivo es un promedio, la relación de uniformidad establece una iluminancia mínima que evita que los valores individuales sobre el área se desvíen demasiado lejos de la iluminancia del objetivo. Siempre que se alcance el mínimo, la iluminancia media alcanzada puede desviarse del objetivo hasta en un 10% y se puede considerar obtenida la iluminancia recomendada del objetivo.

***La iluminancia promedio** se calcula a partir de una matriz de puntos. La precisión del promedio resultante de la iluminancia depende de la densidad de los puntos de análisis en la cuadrícula de cálculo.*

4.12.4.5 TAREAS EN UBICACIONES INCIERTAS SOBRE UN ÁREA GRANDE

A veces, la tarea se localiza y se realiza en ubicaciones específicas en un área grande, pero para las razones de uso del espacio, planificación o flexibilidad futura, no se conocen las ubicaciones precisas en tiempo de diseño. Este es el caso, por ejemplo, de la zona de asientos de los estudiantes en un aula.
Al igual que con las tareas de área, la iluminancia promedio puede usarse como un indicador de haber logrado el objetivo de iluminancia.
En estas aplicaciones, la calificación del criterio, CR, es más descriptiva que el promedio y puede determinarse para el área y usarse como una medida de rendimiento. CR se define por:

$$CR = \frac{\textbf{Número de cálculos o mediciónes de los puntos en el criterio o por encima}}{\textbf{Número de cálculos o puntos de medición}} \qquad (4.16)$$

Se recomienda que el CR de un área de ubicaciones de tareas inciertas no sea inferior al 70% [82]. Consulte 10.8.4 Calificaciones de Criterio para obtener detalles sobre el cálculo de esta medida de rendimiento.
Otra medida de rendimiento que se puede utilizar en esta situación es el coeficiente de variación (Cv). Cv está definido por:

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{\textbf{Desviación Estándar}}{\textbf{La Media}} \qquad (4.17)$$

Consulte 10.8.2 Mínimos y Máximos para obtener detalles sobre el cálculo de esta medida de rendimiento.

4.12.4.6 TAREAS MÚLTIPLES

A menudo sucede que la iluminancia en algunas áreas de una aplicación debe soportar trabajos múltiples. En estos casos, suele ser necesario clasificar las tareas por importancia, prevalencia o frecuencia utilizando datos que pueden estar disponibles del cliente, para determinar la tarea que ocurre comúnmente con la iluminancia más alta recomendada, y debe regir la iluminancia disponible en el área de la tarea. No es necesario prever el máximo nivel de iluminancia con el sistema de iluminación general. La iluminación de tareas localizadas debe emplearse para las tareas visualmente más exigentes, con los beneficios de un menor uso de energía y mayor satisfacción del usuario.

4.12.5 RELACIONES DE ILUMINANCIA

En aplicaciones que presentan zonas a iluminar, suele ser necesario evaluar la variación de iluminancia y caracterizar la uniformidad. Promedio, mínimo y máximo se utilizan a menudo en estas evaluaciones para formar proporciones de

- *Promedio/mínimo*
- *Máximo/mínimo*
- *Promedio/máximo*

Los valores mínimo y máximo se encuentran a partir de una serie de iluminancias calculadas y a menudo dependen de la ubicación y el espaciado de los puntos de cálculo. Los promedios se encuentran a partir de toda la matriz y es posible que deba tener en cuenta el espaciado de puntos de cálculo no uniforme.
Los valores mínimos o máximos deben usarse con precaución, ya que son muy bajos o muy altos.
El valor puede sesgar las proporciones y tergiversar la uniformidad de iluminancia general en un área. La calificación del criterio o el coeficiente de variación son alternativas métricas para estas evaluaciones.
El desempeño de la tarea puede verse degradado por altas relaciones de luminancia que involucran a la tarea misma y tanto el fondo inmediato como el más lejano. Deslumbramiento de incomodidad y deslumbramiento de discapacidad ambos pueden estar involucrados. Para limitar las altas relaciones de luminancia, se hacen suposiciones razonables sobre el rango de reflectancias involucradas y los límites en las relaciones de luminancia se convierten en límites en las relaciones de iluminancia. En su caso, se han recomendado relaciones de iluminancia para controlar estos efectos en el desempeño de la tarea.

4.13 RECOMENDACIONES DE LUMINANCIA

Las recomendaciones de luminancia brindan orientación para otro aspecto del proceso de diseño de iluminación: proporcionar brillo superficial adecuado en el espacio, limitar la incomodidad y deslumbramiento de discapacidad, como también establecer o controlar las variaciones de brillo por motivos estéticos, arquitectónicos, con fines de equilibrio o modelado de formas.

4.13.1 BRILLO DE BASE

Las recomendaciones de luminancia se basan en lo que se sabe sobre cómo mapea el sistema visual luminancia a brillo, y están informados por la experiencia y el consenso.

4.13.2 FACTORES

El brillo es una función del estado de adaptación y la luminancia del objeto. Para tareas de la fóvea, el estado de adaptación está determinado por el 10° del campo visual central. La relación de brillo es una función no sólo de la adaptación y la luminancia del objeto, sino también del gradiente de luminancia y cromaticidad. Ver 4.3 Brillo.

4.13.3 RECOMENDACIONES

Aparte de algunos principios generales, las recomendaciones de luminancia son específicas de la aplicación en sí y se proporcionan en los respectivos capítulos de aplicación.

4.14 REFERENCIAS

[1] Gescheider G. 1997. Psychophysics: the fundamentals. 3rd ed. Lawrence Erlbaum Associates. 448 p.

[2] Bruce V, Green PR, Georgeson MA. 1996. Visual perception. 3rd ed. Psychology Press. 496 p.

[3] Boyce P. 2005. Reflections on relationships in behavioral lighting research. Leukos 2(2):97-113.

[4] Rea MS. 1982. Calibration of subjective scaling responses. J Illum Eng Soc. 14:121-129.

[5] Tiller, DK. 1990. Towards a deeper understanding of psychological effects of lighting. J Illum Eng Soc. 19(2):59-65.

[6] Tiller DK, Rea MS. 1992. Semantic differential scaling: Prospects for lighting research. Light Res Tech. 24(1):43-51

[7] Fotios AS, Houser KW, Cheal C. 2008. Counterbalancing needed to avoid bias in side-by-side brightness matching tasks. Leukos. 4(4):207-223.

[8] Fotios SA, Houser KW. 2009. Research methods to avoid bias in categorical rating of brightness. Leukos. 5(3):167-181

[9] Figueiro MG, Rea MS, Bullough JD. 2006. Does architectural lighting contribute to breast cancer? J Carcinogenesis. 5(1):20

[10] Bedford RE, Wyszecki GW. 1958. Wavelength discrimination for point sources. J Opt Soc Am. 48(2):129–135.

[11] Wright WD. 1946. Researches on normal and defective color vision. London. Henry Kimpton. 376p.

[12] Robertson AR. 1981. Color differences. Die Farbe. 29:273.

[13] Boyce PR. 1978. Variability of contrast rendering factor in lighting installations. Light Res Tech. 10(2):94–105.

[14] Boff KR, Lincoln JE. 1988. Engineering data compendium: Human perception and performance. Wright- Patterson Air Force Base, Ohio: Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory.

[15] Blackwell, H. R. 1946. Contrast thresholds of the human eye. J. Opt. Soc. Am. 36(11):624–643.

[16] Bartleson CJ, Brenenman EJ. 1967. Brightness perception in complex fields. J Opt Soc Am. 57(1):953-957.

[17] Stevens SS. 1960. Psychophysics of sensory function. Am Sci. 48(2):226–252.

[18] Marsden, A. M. 1970. Brightness-luminance relationships in an interior. Light. Res. Tech. 2(1):10–16.

[19] Bodmann H-W, LaToison M. 1994. Predicted brightness-luminance phenomena. Light Res Tech. 26(3):136-143.

[20] Ashdown I. 1996. Luminance gradients: Photometric analysis and perceptual reproduction. J Illum Eng Soc. 25(1):69-82.

[21] Lythgoe RJ. 1932. The measurement of visual acuity. Medical Research Council Special Report, No. 173. London. H.M. Stationary Office.

[22] Blackwell OM., Blackwell HR. 1971. Visual performance data for 156 normal observers of various ages. J Illum Eng Soc. 1(1):3–13.

[23] Blackwell HR, Blackwell OM. 1980. Population data for 140 normal 20–30 year olds for use in assessing some effects of lighting upon visual performance. J Illum Eng Soc. 9(3):158–174.

[24] Nadler, MP, Miller D, Nadler DJ. 1990. Glare and contrast sensitivity for clinicians. New York: Springer- Verlag. 150 p.

[25] Lamming D. 1991. Contrast sensitivity. In: Cronly-Dillon, J editor. Vision and Visual Dysfunction. London. Macmillan. 5272 p.

[26] Baron WS, Westheimer G. 1973. Visual acuity as a function of exposure duration. J Opt Soc Am. 63(2):212-219.

[27] Brown JL. 1965. Flicker and intermittent stimulation. In: Graham CH, ed. Vision and Visual Perception. New York. Wiley. 637 p.

[28] Hart WM. 1992. The temporal responsiveness of vision. In: Moses RA, Hart WM, editors. Adler's Physiology of the eye: Clinical applications. Mosby. St. Louis. 888p.

[29] Salvendy G, editor. 1997. Handbook of human factors and ergonomics. 2nd ed. John Wiley. New York. 2137 p.

[30] Weston HC. 1935. The relation between illumination and visual efficiency: The effect of size of work. Prepared for Industrial Health Research Board (Great Britain), and Medical Research Council (London). London: H M Stationery Office.

[31] Weston HC. 1945. The relation between illumination and visual efficiency: The effect of brightness contrast. (Great Britain) and Medical Research Council (London). Industrial Health Research Board Report no. 87. London. H M Stationery Office.

[32] Inditsky B, Bodmann HW, Fleck H J. 1982. Elements of visual performance: Contrast metric—visibility lobes—eye movements. Light Res Tech. 14(4):218–231.

[33] Rea MS. 1983. The validity of the relative contrast sensitivity function for modeling threshold and suprathreshold responses. In: The Integration of Visual Performance Criteria into the Illumination Design Process. Ottawa. Public Works Canada. 483 p.

[34] Roethlisberger, F. J., andW. J. Dickson. 1934. Management and the worker: Technical vs. social organization in an industrial plant. Boston: HarvardUniversity Press.

[35] Smith, S. W., and M. S. Rea. 1978. Proofreading under different levels of Illumination. J. Illum. Eng. Soc. 8(1):47–52.

[36] Smith, S. W., and M. S. Rea. 1980. Relationships between office task performance and ratings of feelings and task evaluations under different light sources and levels. Proceedings: 19th Session, Commission Internationale de l'Éclairage. Paris: BureauCentral de la CIE.

[37] Smith, S. W., andM. S. Rea. 1982. Performance of a reading test under different levels of illumination. J. Illum. Eng. Soc. 12(1):29–33.

[38] Smith, S. W., andM. S. Rea. 1987. Check value verification under different levels of illumination. J. Illum. Eng. Soc. 16(1):143–149.

[39] Rea, MS. 1987. Toward a model of visual performance: A review of methodologies. J Illum Eng Soc. 16(1):128–142.

[40] Rea, M. S. 1981. Visual performance with realistic methods of changing contrast. J. Illum. Eng. Soc. 10(3):164–177.

[41] Rea MS. 1986. Toward a model of visual performance: Foundations and data. J Illum Eng Soc. 15(2):41–57.

[42] Boyce PR, Rea MS. 1987. Plateau and escarpment: The shape of visual performance. Proceedings: 21st session, Commission Internationale de l'Éclairage. Paris: Bureau Central de la CIE.

[43] Rea, MS, Ouellette MJ. 1988. Visual performance using reaction times. Light Res Tech. 20(4):139–153.

[44] Rea, MS, Ouellette MJ. 1991. Relative visual performance: A basis for application. Light Res Tech. 23(3):135–144.

[45] Bailey IR, Clear R, Berman S. 1993. Size as a determinant of reading speed. J Illum Eng Soc. 22(2):102–117.

[46] Eklund NH, Boyce PR, Simpson SN. 2001. Lighting and sustained performance: Modeling data-entry task performance, J Illum Eng Soc. 30(2):126-141.

[47] Clear R, Mistrick RG. 1996. Multilayer polarizers: A review of the claims. J Illum Eng Soc. 25(2):70–88.

[48] DeValois RL, DeValois KK. 1988. Spatial Vision. Oxfor. New York. 381 p.

[49] Tolstov GP. Silverman RA, translator. 1962. Fourier series. Dover. New York. 336 p.

[50] Wright CE, Drasdo N. 1985. The influence of age on the spatial and temporal contrast sensitivity function. Documenta Ophthal. 59(4):385-395.

[51 Verhoeff FH. 1928 An optical illusion due to chromatic aberration. Am J Ophthal. 11:898–900.

[52] Egusa H. 1983. Effects of brightness, hue, and saturation on perceived depth between adjacent regions in the visual field. Perception. 12(2):167–175.

[53] Simonet P, Campbell MCW. 1990. Effect of luminance on the directions of chromatostereopsis and transverse chromatic aberration observed with natural pupils. Ophthal Physiol Opt. 10(3):271–279.

[54] Rohaly AM, Wilson HR. 1993. The role of contrast in depth perception. Investig Ophthalmol Vis Sci. 34(4):1437.

[55] Guibal C, Dresp B. 2004. Interaction of color and geometric cues in depth perception: When does "red" mean "near"? Psychological Research 69(1):30–40.

[56] Flynn JE, Spencer TJ, Martyniuk O, Hendrick C. 1973. Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. J Illum Eng Soc. 3(1):87-94.

[57] Flynn JE, Spencer TJ, Martyniuk O, Hendrick C. 1975. The Influence of Spatial Light on Human Judgment. Proc CIE 18th Session. London. 39-46.

[58] Flynn JE. 1977. A study of the subjective responses to low energy and nonuniform lighting systems. Light Des Appl. 7(2):6-15.

[59] Hawkes RJ, Loe DL, Rowlands E. 1979. A note towards the understanding of lighting quality. J Illum Eng Soc. 8():111-120.

[60] Veitch JA, Newsham GR. 1998. Determinants of lighting quality and energy efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and comfort. J Illum Eng Soc. 27(1): 92-106.

[61] Luckiesh M, Guth SK. 1949. Brightness in visual field at borderline between comfort and discomfort (BCD). Illum Eng 44(11):650–670.

[62] Hopkinson RG. 1957. Evaluation of glare. Illum Eng. 52(6):305–316.

[63] Guth SK, McNelis JF. 1959. A discomfort glare evaluator. Illum Eng. 54(6):398–406.

[64] Bradley RD, Logan HL. 1964. Auniform method for computing the probability of comfort response in a visual field. Illum Eng 59(3):189–206.

[65] Guth SK. 1963. A method for the evaluation of discomfort glare. Illum Eng. 57(5):351–364.

[66] Allphin W. 1966. Influence of sight line on BCD judgments of direct discomfort glare. Illum Eng. 61(10):629–633.

[67] Allphin W. 1968. Further studies of sight line and direct discomfort glare. Illum Eng. 63(1):26–31.

[68] Fischer D. 1991. Discomfort glare in interiors. First International Symposium on Glare. Lighting Research Institute. NewYork.

[69] Manabe H. 1976. The assessment of discomfort glare in practical lighting situations. Oteman Economic Studies no 9. Osaka: Oteman Gakuin University.

[70] Waters CE, Mistrick RM, Bernecker C 1995. Discomfort glare from sources of non-uniform luminance. J Illum Eng Soc. 24(2):73-85.

[71] Eble-Hankins ML, Waters CE. 2004. VCP and UGR glare evaluation systems: a look back and a way forward. Leukos. 1(2):7-38.

[72] Boyce PR., Crisp VHC, Simons RH., Rowlands E. 1980. Discomfort glare sensation and prediction. Proceedings: 19th Session. Commission E. Internationale de l'Éclairage. Bureau Central la CIE. Paris.

[73] [CIE] Commission Internationale de l'Éclairage. 1995. Discomfort glare in interior lighting. CIE Publication 117. Bureau Central de la CIE. Vienna.

[74] Akashi, Y., R. Muramatsu, and S. Kanaya. 1996. Unified Glare Rating (UGR) and subjective appraisal of discomfort glare. Light. Res. Tech. 28(4):199–206.

[75] Holladay LL. 1926. The fundamentals of glare and visibility. J Opt Soc Am. 12(4):271–319.

[76] Holladay LL. 1927. Action of a light source in the field of view on lowering visibility. J Opt Soc Am. 14(1):1–15.

[77] Stiles WS. 1929. The effect of glare on the brightness difference threshold. Proc R Soc Lond. Ser. B 104(731): 322–351.

[78] Fry, GA. 1954. A re-evaluation of the scattering theory of glare. Illum Eng. 49(2):98–102.

[79] Wolf, E., and J. S. Gardiner. 1965. Studies on the scatter of light in the dioptric media of the eye as a basis of visual glare. Arch. Ophthalmol. 74(3):338–345.

[80] Boyce PR. 2009. Lighting for driving. Taylor & Francis. Boca Raton. 371 p.

[81] Boyce PR. 1996. Illuminance selection based on visual performance—and other fairy stories. J Illum Eng Soc. 25(2):41-49.

[82] {IES} Design Practice Committee. 1977. Recommended practice for the specification of an ESI Rating in interior spaces when specific task locations are unknown. J Illum Eng Soc. 6(2):111-123.


©Southern Stock/Getty Images

5 | CONCEPTOS Y LENGUAJE DE LA ILUMINACIÓN

Si el lenguaje no es correcto, entonces lo que se dice no es lo que se quiere decir. Si lo que se dice no es lo que se quiere decir, entonces lo que debe hacerse queda sin hacer. Por lo tanto, no debe haber arbitrariedad en lo que se dice.

Confucio 500 aC.

Contenido

El lenguaje de la iluminación responde a la necesidad de describir, especificar y evaluar ambientes luminosos. Como cualquier lenguaje, se basa en conceptos y vocabulario: los conceptos resultan de una consideración de la naturaleza de la luz, la visión y la arquitectura. El vocabulario resulta de la necesidad de claridad, especificidad y precisión. La estructura de los conceptos de iluminación es una pirámide invertida: se identifican y describen pocas ideas fundamentales y de éstas, a su vez, más complejas se construyen los conceptos. Los conceptos más simples forman los constituyentes de los más complejos y son necesarios para especificar sin ambigüedades las cantidades luminosas o el comportamiento fotométrico de materiales. En este capítulo se describen primero los conceptos fundamentales o más básicos, muchos de los cuales tienen sus raíces en el trabajo de Johann Lambert y André Blondel [8].

Estos seguidos por conceptos más complejos o derivados.

5.1 INTRODUCCIÓN

5.1.1 ALCANCE DE ESTE CAPÍTULO

Sólo las cantidades y unidades más importantes utilizadas en el diseño de la ingeniería en iluminación que se relacionan directamente con la radiación óptica, la luz y la visión se describen y definen en este capítulo. Las palabras técnicas asociadas a equipos de iluminación, fotometría, cálculos de iluminación, color y luz natural se definen en sus respectivos capítulos y se basan en la comprensión del material presentado en este capítulo. Ver el ÍNDICE para las ubicaciones de la definición de palabras específicas.

Una nomenclatura completa y muchas más cantidades derivadas y especializadas se describen en dos recursos adicionales. El Vocabulario Internacional de Iluminación es establecido por la CIE y publicado conjuntamente con la Comisión Electrotécnica Internacional. Más que 900 definiciones técnicas de conceptos y cantidades se dan en inglés, francés, alemán y ruso [1]. La IES publica Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering como RP-16, que también es un estándar ANSI [2].

5.1.2 PALABRAS GENERALES

El vocabulario conceptual de Iluminación adopta palabras que se encuentran en el uso común y les da un significado técnico especial. La precisión en la descripción de los conceptos lo hace necesario.

5.1.2.1 ENERGÍA RADIANTE

Este es el término general para la energía propagada por radiación a través de un vacío o un material, a diferencia de la energía transportada por conducción o convección. El término se usa cuando no se implica ningún modelo particular de transporte de energía o cuando cualquier longitud de onda o frecuencia puede estar involucrada.

5.1.2.2 ENERGÍA RADIANTE: RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

En algunos casos, es necesario o conveniente implicar uno de los dos modelos físicos de transporte de energía radiativa: ondas electromagnéticas o fotones. Ver 1.1.1 Modelos Físicos de Radiación Óptica. La radiación electromagnética es energía radiante que se propaga de una manera consistente con el modelo de ondas eléctricas y magnéticas. Por ejemplo, la energía radiante es el movimiento a través de componentes ópticos de vidrio o plástico se describe convenientemente utilizando el modelo de ondas electromagnéticas.

5.1.2.3 ENERGÍA RADIANTE: RADIACIÓN DE FOTONES

Esta es energía radiante propagada de manera consistente con el modelo cuántico. El transporte de energía dentro de un diodo emisor de luz se describe mejor con el modelo de fotones.

5.1.2.4 ENERGÍA RADIANTE: RADIACIÓN ÓPTICA

Es la energía propagada por la radiación cuando sus longitudes de onda están entre 100 nm y 10.000 nm. Es decir, energía radiante con longitudes de onda limitadas al ultravioleta, visible e infrarrojo. Este término no implica ningún modelo particular de transporte de energía.

5.1.2.5 POTENCIA RADIANTE

En ingeniería eléctrica, la distinción entre energía y potencia es esencial y queda clara a partir de los diferentes usos y significados de kilovatio (potencia) y kilovatio-hora (energía). Esta distinción entre energía y potencia también se hace cuando se trata de cantidades radiantes: la potencia radiante es la energía radiante de tasa de flujo de tiempo. Es costumbre referirse a potencia radiante como flujo radiante; “flujo” proviene del participio latino “fluxus”, que significa fluir.

5.1.2.6 LUZ

Este término se reserva para la potencia radiante evaluada visualmente. El proceso de evaluación visual se define a continuación en 5.4.1 Espectro de acción para la visión. La luz se puede considerar como el equivalente luminoso de la potencia y se denomina propiamente flujo luminoso. "Luz" se usa a menudo como abreviatura de flujo luminoso, especialmente en aplicaciones. Como suele ser el caso, la potencia se mide con mayor facilidad y precisión que la energía, y este es el caso de las cantidades radiantes. En este sentido práctico, la potencia luminosa (luz o flujo luminoso) es más fundamental o básica que la energía luminosa (tiempo-cantidad de luz). Cabe señalar que esta definición es completamente diferente del uso de este término en física, donde es sinónimo de energía radiante de cualquier longitud de onda.

5.1.2.7 ILUMINACIÓN

Este término se reserva para describir la circunstancia general de la luz que incide sobre una superficie o cuerpo, o la condición general de estar iluminado. Se utiliza como un término de calidad en lugar de cantidad. El término de cantidad es "iluminancia". Ver 5.6.1 Iluminancia.

5.1.2.8 FUENTE

Este es un término general utilizado para hacer referencia a una fuente de luz. Puede referirse de diversas formas de una lámpara eléctrica, un LED, una luminaria completa con lámpara y control óptico, o una ventana para iluminación natural. Finalmente, palabras como "intensidad" y "eficiencia" se usan de manera especial y precisa en el diseño de iluminación y la ingeniería de iluminación y su significado cotidiano o la sustitución de un sinónimo aparente puede ser engañosa, si no incorrecta. Por lo tanto, "intensidad de iluminación" es incorrecta y "luz visible" es redundante.

5.1.3 CONCEPTOS RADIANTE Y LUMINOSO

Cada concepto que involucra radiación, luz y visión tiene un nombre, su cuantificación especificada por una unidad y su presencia indicada por un símbolo. En muchos casos una unidad de conceptos tiene un nombre. Los conceptos construidos a partir de otros más fundamentales tienen unidades constituyentes y nombres. En la mayoría de los casos, una definición concisa de un concepto se puede expresar como una ecuación matemática utilizando los símbolos de los conceptos más fundamentales. En general, las palabras basadas en "irradiar" se refieren a cantidades radiantes puramente físicas, como en el caso de la potencia radiante y la radiación óptica. Esto es a diferencia de "luminoso", que designa cantidades que involucran energía radiante que se evalúa visualmente. Algunos conceptos tienen formas radiantes y luminosas paralelas: un conjunto se usa cuando la radiación óptica se considera simplemente como una entidad física, y otro conjunto cuando se evalúa visualmente.

Los conceptos de radiometría se ocupan de la medición y conceptualización de la potencia radiante como entidad física; fotometría y conceptos fotométricos con potencia radiante evaluada visualmente. Las cantidades fotométricas siempre involucran potencia radiante evaluada cuando el estado de adaptación es fotópico o escotópico. Ver 2.4 Visión y Estado

de Adaptación. Si hay conceptos radiométricos y fotométricos paralelos, se usa el mismo símbolo, con el símbolo radiométrico aumentado con un subíndice (e).

5.1.4 DEPENDENCIAS DE LA LONGITUD DE ONDA

Cuando es necesario indicar la dependencia de una cantidad con la longitud de onda de la radiación óptica involucrada , se agrega el adjetivo “espectral” al nombre y se usa la notación estándar de pares de paréntesis de funciones matemáticas, junto con el símbolo universal para longitud de onda: λ. Como ejemplo, Φ es el símbolo para flujo luminoso y $\Phi(\lambda)$ es el símbolo del flujo luminoso espectral. Es decir, el flujo en función de la longitud de onda. Cuando es necesario indicar cómo cambia una cantidad con la longitud de onda, se usa λ como subíndice para indicar la primera derivada con respecto a la longitud de onda. Por lo tanto, el flujo luminoso espectral por unidad de longitud de onda se indica mediante $\Phi_\lambda(\lambda)$ con $\Phi_\lambda(\lambda) = d\Phi(\lambda)/d\lambda$. Ver 1.3.3 Longitud de onda.

5.2 POTENCIA RADIANTE, FLUJO RADIANTE

Las fuentes de luz eléctrica convierten la energía eléctrica en energía radiante que luego es emitida por la fuente. La emisión puede concebirse como radiación electromagnética o como fotones. Los siguientes conceptos y cantidades se utilizan para describir y cuantificar esta potencia.

5.2.1 ESPECIFICACIÓN DE ENERGÍA Y POTENCIA RADIANTE

5.2.1.1 ENERGÍA RADIANTE

Esto define la energía radiante electromagnética o fotónica de una fuente.

Concepto: Energía emitida, transferida o recibida en forma de radiación
Nombre del concepto: Energía Radiante
Símbolo del Concepto: $Q_e, Q_e(\lambda)$
Unidades constituyentes: $kg\ m^2\ s^{-2}$
Nombre de la Unidad: Joule

Definición matemática: No aplica

5.2.1.2 POTENCIA RADIANTE O FLUJO RADIANTE

Se define la potencia radiante electromagnética o fotónica de una fuente; es decir, la tasa de tiempo del flujo de energía radiante.

Concepto: La tasa de flujo de radiación electromagnética o fotónica, la energía radiante de una fuente.
Nombre del concepto: Flujo radiante
Símbolo del concepto: $\Phi_e, \Phi_e(\lambda)$

Unidades constituyentes: Joules por segundo
Nombre de la Unidad: watt radiante

Definición matemática: $$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$

5.2.1.3 DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ESPECTRAL

Expresa la potencia radiante emitida por una fuente de radiación óptica en un rango de longitudes de onda particulares. Esto también se conoce como "concentración de potencia espectral" en el vocabulario internacional de iluminación.

Concepto: Cantidad de radiación óptica emitida por una fuente con longitudes de onda definidas por una banda estrecha, Δλ, centrada en una determinada longitud de onda, λ.

Nombre del Concepto: Potencia Espectral

Símbolos del Concepto: $Q_e, Q_e(\lambda)$

Unidades constituyentes: vatios radiantes por unidad de longitud.

Nombre de la unidad: No aplica

Definición matemática: $$\Phi_{e\lambda}(\lambda) = d\Phi_e(\lambda)/d\lambda; \text{ with } \Phi_{e\lambda}(\lambda) \approx \Delta\Phi_e(\lambda)/\Delta\lambda$$

5.2.1.4 DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ESPECTRAL RELATIVA (SPD)

Esta es la cantidad más comúnmente utilizada en iluminación para expresar la naturaleza de la potencia de radiación emitida por una fuente. Para la distribución de potencia espectral Relativa, todos los datos se dividen por el valor medio, por el valor máximo dentro de la longitud de onda del rango de interés, o algún valor elegido arbitrariamente. Aunque los SPD relativos se proporcionan en todo el trabajo práctico, rara vez se usa el adjetivo "relativo". Ver 1.4.2 Datos de potencia espectral y 9.7.1.1 Medición de SPD.

Concepto: Distribución de potencia espectral normalizada.
Nombre del concepto: Potencia Espectral Relativa

Símbolo conceptual: $S(\lambda)$

Unidades constituyentes: vatios radiantes relativos por unidad de longitud de onda
Nombre de la unidad: Ninguno

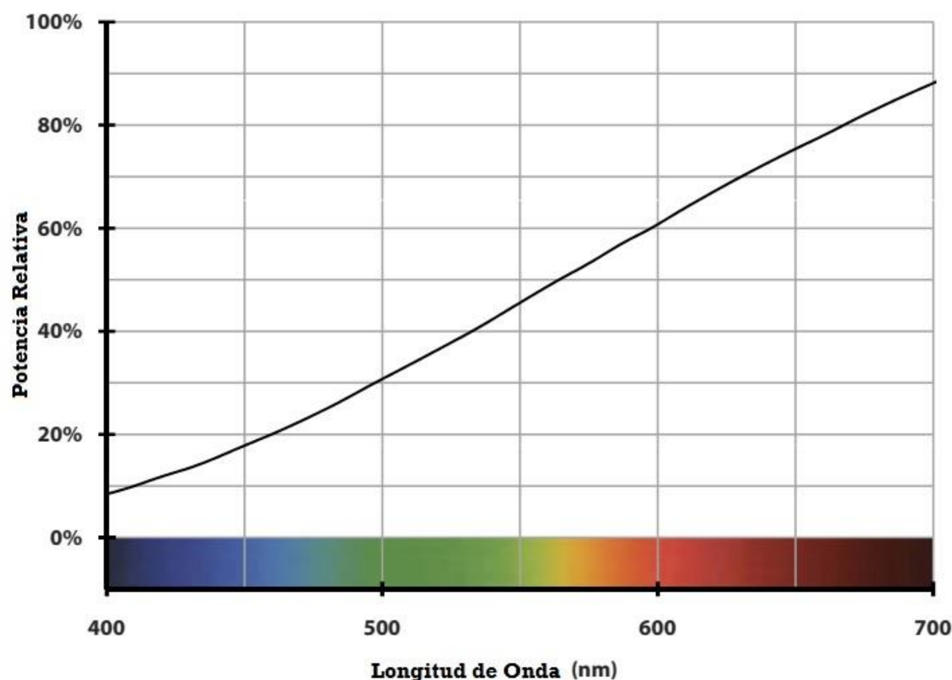
Definición Matemática: $$S(\lambda) = \Phi_{e\lambda}(\lambda)/R; \text{ where } R = \text{some fixed value of } \Phi_{e\lambda}$$

5.2.2 CONVENCIONES DE DATOS PARA SPD

Algunas fuentes de radiación óptica, como las fuentes incandescentes, presentan una radiación continua en el espectro de energía radiante en una amplia gama de longitudes de onda. Aunque la medida del proceso sólo puede muestrear el espectro en un número discreto de puntos, los datos generalmente son presentados como un continuo. La figura 5.1 muestra una distribución de potencia espectral relativa continua de una lámpara incandescente.

FIGURA 5.1 | SPD DE HALÓGENO DE TUNGSTENO

La distribución de potencia espectral Relativa de una lámpara incandescente que funciona a 3000 K. Estos datos son relativos al valor a 750 nm, la longitud de onda en la que la distribución es máxima en la región visible del espectro, expresado como un porcentaje de ese máximo.



Algunas fuentes de radiación óptica emiten energía radiante sólo en unas pocas longitudes de onda discretas o dentro de rangos muy estrechos de longitudes de onda, cada rango centrado en una longitud de onda particular.
Estos se denominan espectros de línea. Una descarga de mercurio a baja presión es una fuente de este tipo. Para ayudar a comparar las distribuciones de potencia espectral, es habitual trazar un espectro de líneas como un histograma con barras de ancho y alto pequeños pero fijos, de modo que las áreas dentro de las barras de ancho fijo representen la potencia total en las líneas. Las barras están centradas en las longitudes de onda que las líneas que representan. La Figura 5.2 muestra la distribución de potencia espectral de línea relativa de una descarga de mercurio a baja presión.
Muchas fuentes no sólo emiten un espectro continuo de radiación óptica, sino que también emiten fuertemente en ciertas longitudes de onda o en bandas de longitud de onda muy estrechas. Estos espectros son representados como una función continua con un histograma superpuesto. Los halogenuros metálicos y las lámparas fluorescentes tienen este tipo de distribución de potencia espectral. La Figura 5.3 muestra la distribución de una lámpara de halogenuros metálicos.

FIGURA 5.2 | DESCARGA DE MERCURIO DE BAJA PRESIÓN SPD

La distribución de potencia espectral de línea Relativa de una lámpara de descarga de mercurio a baja presión. Estos datos son relativos al valor a 254 nm, la longitud de onda en la que la distribución es máxima.

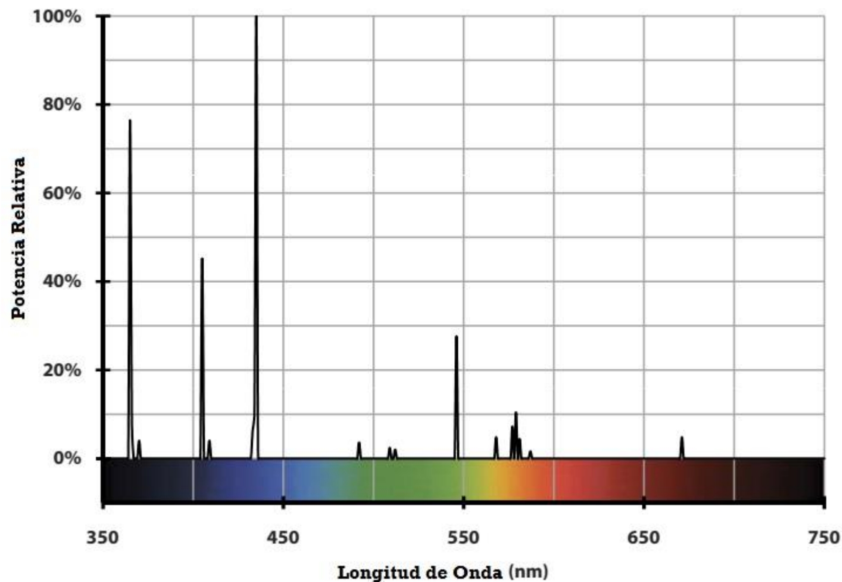
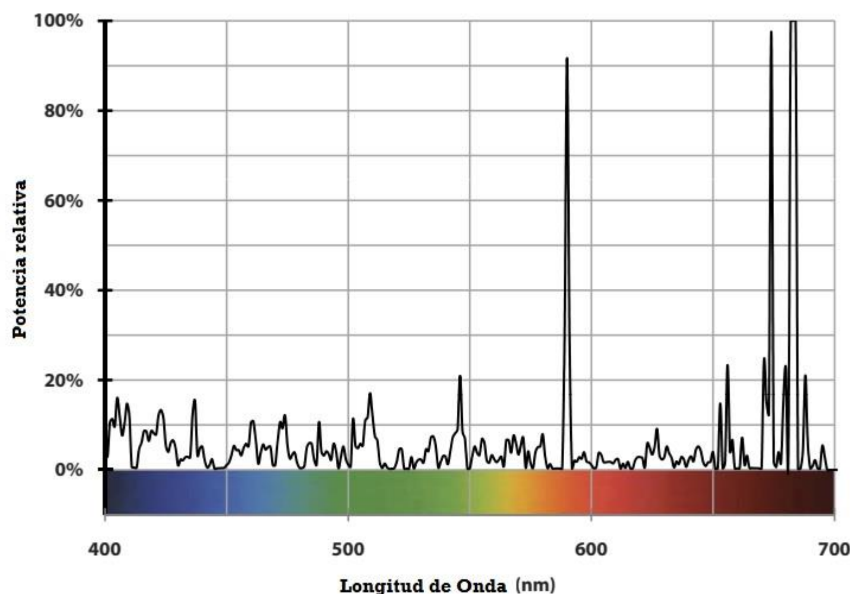


FIGURA 5.3 | DESCARGA DE HALOGENUROS METÁLICOS SPD

La distribución de potencia espectral Relativa de una lámpara de halogenuros metálicos de sodio-escandio que muestra espectros continuos y lineales.



5.3 ESPECTROS DE ACCIÓN

Se dice que un efecto fotoquímico producido por energía radiante es un efecto actínico.
Los efectos actínicos pueden ser directos, como en el caso de la actividad química desencadenada por átomos o moléculas por la absorción de fotones, o indirecta como en el caso de un cambio de alto nivel en un organismo biológico producido por la energía radiante absorbida en los fotorreceptores. Los efectos actínicos suelen ser el resultado de complicados mecanismos físicos y químicos que se ven afectados por la exposición con el tiempo, exposición previa y exhibir interacciones (constructivas u opuestas) entre las longitudes de onda. Pero estos mecanismos generalmente se ignoran y los espectros de acción se utilizan simplemente para vincular la entrada radiante al efecto actínico final [3].
Ejemplos de efectos actínicos son la reacción de fotodiodos (fotoionización, ver 9.4.1.2 Detectores de estado sólido), enrojecimiento de la piel (eritema, véase 3.4 Efectos de la radiación óptica en la piel), blanqueamiento de fotopigmentos (isomerización, véase 2.1.3.1 Fotorreceptores) en los bastones y conos de la retina y fotosíntesis o fototropismo en las plantas.
El espectro de acción de un efecto actínico es la magnitud del efecto producido por varias longitudes de onda de potencia radiante monocromática a través de algún rango de longitudes de onda.
La figura 5.4 muestra el espectro de acción de la fotosíntesis en plantas verdes.

Concepto: Efecto fotoquímico de la radiación óptica de longitudes de onda individuales en un rango de longitudes de onda de interés.
Nombre del concepto: Espectro de acción

Símbolo conceptual: $\sigma(\lambda)$

Unidades constituyentes: Respuesta actínica por unidad de longitud de onda
Nombre de la unidad: Ninguno

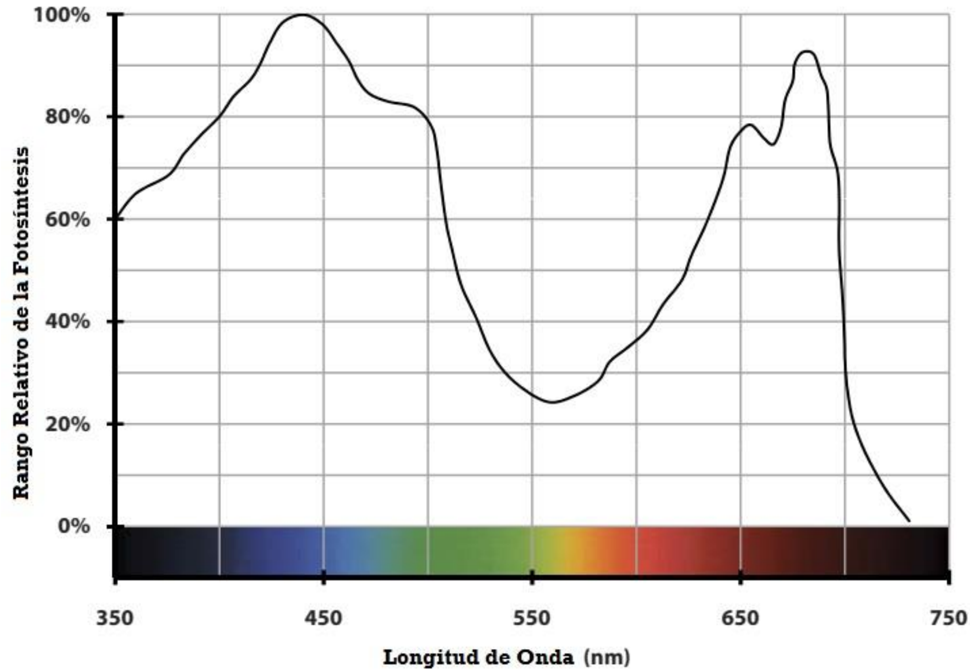
Definición Matemática:

$$\sigma(\lambda) = \mathbf{Respuesta}(\lambda) \text{ o } \mathbf{Respuesta}(\lambda)/\mathrm{R}$$
$$\mathbf{Dónde}\ \mathrm{R} = \mathbf{Valor\ fijado\ de\ Respuesta}(\lambda)$$

Las unidades de un espectro de acción dependen del efecto actínico. En muchos casos, una acción del espectro se normaliza usando su valor máximo y así se convierte en una eficiencia sin unidades en función de la longitud de onda.

FIGURA 5.4 | ACCIÓN DE FOTOSÍNTESIS ESPECTRO

El espectro de acción relativo de la fotosíntesis para plantas verdes comunes.



Por convención, el efecto actínico total (TAE) de una fuente de radiación óptica se define por el producto longitud de onda por longitud de onda de la distribución de potencia espectral de la fuente y el espectro de acción del efecto actínico:

$$\mathrm{TAE} = K \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma(\lambda) S(\lambda) d\lambda \approx K \sum_{i=1}^{N} \sigma(\lambda_i) S(\lambda_i) \Delta\lambda \qquad (5.1)$$

Dónde: λ_1 y λ_2= límites del rango de longitud de onda de interés.

K= constante de escala para el espectro de acción y/o la distribución de potencia espectral.

Es importante entender que simplemente sumando los efectos en longitudes de onda individuales se asume que el efecto acumulativo no muestra interacciones entre los efectos en diferentes longitudes de onda, o que tales interacciones son insignificantes. En este caso el proceso se dice que es linealmente aditivo. La aditividad lineal estricta rara vez es el caso de actínico en respuestas totales y reales, especialmente en los efectos biológicos. Sin embargo, la aditividad lineal se puede utilizar para representar adecuadamente la respuesta total de algunos efectos actínicos para un amplio espectro de energía radiante. La aditividad lineal implica tanto proporcionalidad como que el efecto actínico total de dos fuentes es la suma de los dos efectos totales individuales:

$$
\begin{aligned}
TAE &= K \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma(\lambda)(\alpha_1 S_1(\lambda) + \alpha_2 S_2(\lambda))d\lambda \\
&= K\,\alpha_1 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma(\lambda) S_1(\lambda) d\lambda + K\,\alpha_2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma(\lambda) S_2(\lambda) d\lambda
\end{aligned} \tag{5.2}
$$

5.4 DEFINICIÓN DE LA LUZ

La definición de luz implica potencia radiante y la evaluación de su eficacia utilizando un espectro de acción que debe ser, en algún sentido, una cuantificación de la visión.

5.4.1 ESPECTRO DE ACCIÓN PARA LA VISIÓN

La luz se define como la potencia radiante evaluada visualmente y se ha acostumbrado a utilizar el proceso definido por la ecuación 5.1 para realizar esta evaluación [4]. Esto, a su vez, requiere que se defina un efecto actínico indirecto, presumiblemente a partir de los fotorreceptores de la retina, cambiados por la absorción de la radiación óptica. Este efecto actínico indirecto debe ser, en algún sentido, "visión" y el espectro de acción debe asignar a cada longitud de onda un poder para invocar "visión" o una sensación visual. Sería posible definir esta sensación como cualquiera de los siguientes: brillo, detección, reconocimiento, visibilidad o tiempo de reacción. El primer intento de tal evaluación utilizó el reconocimiento [5], pero comenzando con el trabajo de Koenig [6], se ha utilizado la luminosidad para definir el espectro de acción de la visión.

5.4.2 EFICIENCIA LUMINOSA FOTÓPICA

Un espectro de acción fotópico basado en el brillo fue adoptado internacionalmente en 1924 por la CIE [7]. Los datos utilizados para definir este espectro de acción resultaron de una serie de experimentos que determinaron el brillo relativo de la potencia radiante monocromática en todo el espectro visible [8] [9]. El método consistía en comparar y equilibrar los brillos producidos por la energía radiante en longitudes de onda vecinas, moviéndose paso a paso a través del espectro. Esto evitó tanto el problema de hacer coincidir los brillos en la presencia de grandes diferencias de color y el uso de fotometría de parpadeo. La visión foveal era utilizada, con observadores adaptados fotópicamente, utilizando un campo visual de 2°. El inverso de la potencia requerido en cada longitud de onda para producir un brillo constante es una medida de la eficacia de esa longitud de onda. Estos datos se hicieron en relación con el valor a λ= 555 nm y, por lo tanto, definió una función de eficiencia sin unidades: la función de eficiencia luminosa fotópica de la longitud de onda. Desde la adopción de los valores estándar para esta función, la CIE los ha modificado y los corrigió. Los valores estándar dados en 1983 se muestran en la Tabla 5.1 y se grafican en la Figura 5.5 [10]. Investigaciones recientes han propuesto modificaciones adicionales [11].

Concepto: Espectro de acción de la visión en la adaptación fotópica
Nombre del concepto: Función de eficiencia luminosa fotópica de la longitud de onda
Símbolo conceptual: $v(\lambda)$
Unidades constituyentes: Ninguna
Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática: Ninguna

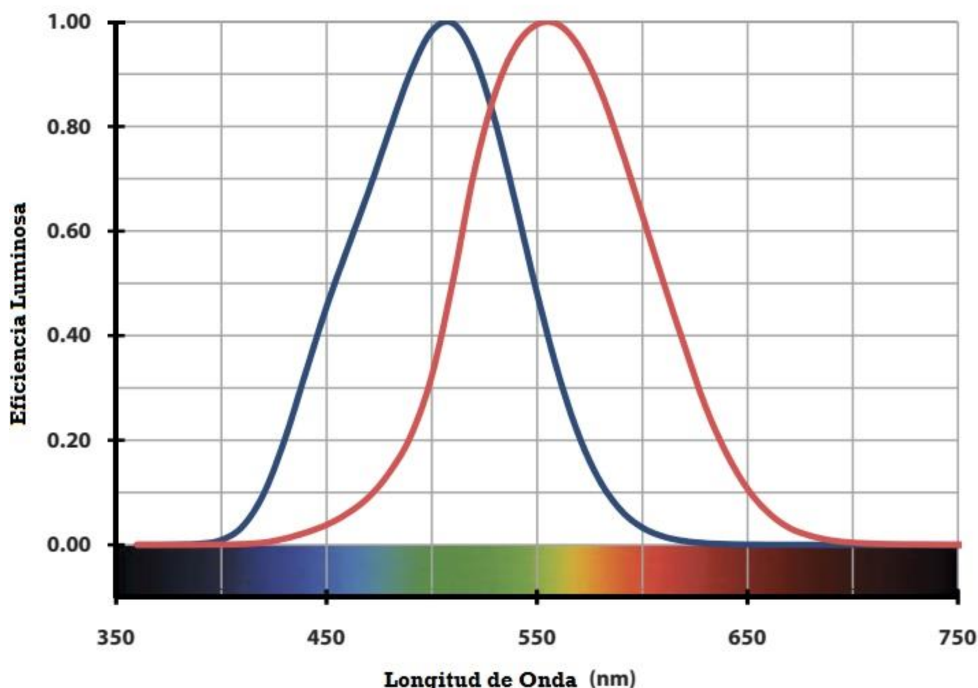
5.4.3 EFICIENCIA LUMINOSA ESCOTÓPICA

Un espectro de acción escotópico basado en el brillo fue adoptado internacionalmente en 1951 por la CIE [12]. Los datos utilizados para definir este espectro de acción resultaron de experimentos que determinaron el brillo relativo de la radiación óptica monocromática en todo el espectro visible [13] [14]. Se utilizó un gran campo visual fuera del eje de 20° con observadores adaptados escotópicamente. Los datos se realizaron en relación con el valor a λ= 505 nm y, por lo tanto, se definió una función de eficiencia sin unidades. Se muestran los valores estándar a intervalos de 10 nm dados en 1983 en la Tabla 5.1 y graficada en la Figura 5.5

Concepto: Espectro de acción de la visión en la adaptación escotópica
Nombre del concepto: Función de eficiencia luminosa escotópica de la longitud de onda
Símbolo conceptual: v’(λ)
Unidades constituyentes: Ninguna
Nombre de la unidad: Ninguno
Matemático
definición: Ninguno

FIGURA 5.5 | EFICIENCIA LUMINOSA CIE FUNCIONES DE LONGITUD DE ONDA

La CIE 2° funciones fotópico y escotópico de eficiencia luminosa de la longitud de onda. Los valores estándar son a intervalos de 10 nm una suave la línea se interpola entre ellos.



5.5 FLUJO LUMINOSO

El flujo luminoso es un flujo radiante evaluado visualmente y define "luz" para fines de diseño de iluminación e ingeniería de iluminación. Siguiendo el uso habitual de los espectros de acción, en el flujo radiante se evalúa longitud de onda por longitud de onda usando cualquiera de las dos acciones estándar para espectros de la visión: las funciones de eficiencia luminosa fotópica o escotópica de la longitud de onda.
La suma de las evaluaciones de longitud de onda individuales define el efecto total.

5.5.1 FLUJO LUMINOSO FOTÓPICO

Esta es la unidad de luz más común. Se puede considerar potencia luminosa fotópica y es similar a la potencia radiante, es la velocidad de flujo temporal de la cantidad de luz fotópica. La constante 683 escala el total de vatios radiantes evaluados visualmente de la fuente a la moderna unidad fotométrica del lumen fotópico.

Concepto: El flujo de energía luminosa fotópica de una fuente
Nombre del concepto: Flujo luminoso Fotópico
Símbolo conceptual: Φ
Unidades constituyentes: Ninguna
Nombre de la unidad: Lumen Fotópico, lm

Definición matemática:

$$\Phi \equiv 683 \int_{0}^{\infty} \Phi_{e\lambda}(\lambda) v(\lambda) d\lambda \approx 683 \sum_{\lambda = 400}^{750} \Phi_{e\lambda}(\lambda) v(\lambda) \Delta\lambda$$

5.5.2 FLUJO LUMINOSO ESCOTÓPICO

Una unidad de luz poco común. Se puede considerar como un poder luminoso escotópico. La constante 1700 escala el total de vatios radiantes evaluados visualmente de la fuente a la moderna unidad fotométrica de la luz escotópica y resulta de la suposición de que al usar la función $V'(\lambda)$, todos sus valores están escalados de modo que V'(555 nm) = V(555 nm).

Concepto: El flujo de energía luminosa escotópica de una fuente
Nombre del concepto: flujo luminoso Escotópico
Símbolo conceptual: Φ′
Unidades constituyentes: Ninguna
Nombre de la unidad: Lumen Scotópico

Definición matemática:

$$\Phi \equiv 1700 \int_{0}^{\infty} \Phi_{e\lambda}(\lambda) v'(\lambda) d\lambda \approx 1700 \sum_{\lambda = 400}^{750} \Phi_{e\lambda}(\lambda) v'(\lambda) \Delta\lambda$$

5.5.3 CANTIDAD DE LUZ

Es la potencia luminosa integrada en el tiempo; el equivalente luminoso de la energía. La cantidad de luz puede surgir cuando la exposición total a la luz es de interés; como ocurre cuando se trabaja con plantas, o se valora el posible daño que la luz puede causar a una obra de arte, o cuando se debe considerar la dosificación médica de la luz. Ver 3.5 Fototerapia.

Concepto: La cantidad de luz integrada en el tiempo.
Nombre del concepto: Cantidad de luz
Símbolo del concepto: Q_v
Unidades constituyentes: lúmenes, segundos
Nombre de la unidad: Lumen-segundos

Definición matemática:

$$Q_v = \int \Phi \, dt$$

Cuadro 5.1 | Estándar CIE 2° Eficiencia Fotópica Y Escotópica Funciones de longitud de onda

Longitud de Onda (nm)	V(λ)	V'(λ)
360	0.0000	0.0000
370	0.0000	0.0000
380	0.0000	0.0006
390	0.0001	0.0022
400	0.0004	0.0093
410	0.0012	0.0348
420	0.0040	0.0966
430	0.0116	0.1998
440	0.0230	0.3281
450	0.0380	0.4550
460	0.0600	0.5670
470	0.0910	0.6760
480	0.1390	0.7930
490	0.2080	0.9040
500	0.3230	0.9820
510	0.5030	0.9970
520	0.7100	0.9350
530	0.8620	0.8110
540	0.9540	0.6500
550	0.9950	0.4810
560	0.9950	0.3288
570	0.9520	0.2076
580	0.8700	0.1212
590	0.7570	0.0655
600	0.6310	0.0332
610	0.5030	0.0159
620	0.3810	0.0074
630	0.2650	0.0033
640	0.1750	0.0015
650	0.1070	0.0007
660	0.0610	0.0003
670	0.0320	0.0001
680	0.0170	0.0001
690	0.0082	0.0000
700	0.0041	0.0000
710	0.0021	0.0000
720	0.0010	0.0000
730	0.0005	0.0000
740	0.0002	0.0000
750	0.0001	0.0000
760	0.0001	0.0000
770	0.0000	0.0000

5.5.4 EFICACIA LUMINOSA DE LA RADIACIÓN

Esta eficacia se reserva para describir una característica de la radiación: la relación de los lúmenes que contiene a su potencia en vatios. Aunque poco común cuando se refiere a fuentes de luz eléctrica, la eficacia de la radiación se utiliza para describir la radiación óptica del sol y el cielo en aplicaciones de iluminación natural.

Concepto: La relación entre la potencia luminosa y la potencia radiante
Nombre conceptual: Eficacia luminosa de la radiación
Símbolo conceptual: K
Unidades constituyentes: lúmenes, vatios radiantes
Nombre de la unidad: Ninguno
Definición matemática: K= Concepto: La relación entre la potencia luminosa y la potencia radiante
Nombre conceptual: Eficacia luminosa de la radiación
Símbolo conceptual: K
Unidades constituyentes: lúmenes, vatios radiantes
Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática: K= Φ/Φ_e

5.5.5 EFICACIA LUMINOSA DE UNA FUENTE

Esta eficacia se reserva para describir una característica de una fuente de radiación: la proporción de los lúmenes emitidos a los vatios requeridos para producir la radiación que contiene esos lúmenes.
Esta eficacia es una característica frecuentemente citada de las fuentes de luz eléctrica y proporciona una medida de la eficacia con la que convierten la energía eléctrica en energía luminosa.

Concepto: La relación entre la potencia luminosa y la potencia consumida por la fuente
Nombre del concepto: Eficacia luminosa de una fuente
Símbolo del concepto: η
Unidades constituyentes: Lúmenes, vatios
Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática: $\eta \equiv \frac{\Phi}{W}$

5.6 DENSIDADES DE FLUJO SUPERFICIAL

Los conceptos más comunes utilizados para cuantificar aspectos de la iluminación implican no la absoluta cantidad de flujo luminoso sino más bien la densidad del flujo. Cantidades que involucran densidad de flujo hacia o desde una superficie se utilizan en la iluminación para establecer algunas recomendaciones de diseño y para describir la condición luminosa final de una tarea o superficie arquitectónica.

5.6.1 ILUMINANCIA

La iluminancia es la densidad de flujo luminoso incidente en un elemento diferencial de superficie ubicado en un punto y orientado en una dirección particular, expresado en lúmenes por unidad de área.
Dado que el área involucrada es diferencial, es costumbre referirse a esto como iluminancia en un punto. El nombre de la unidad depende de la unidad constituyente del área. Es footcandles (Piecandelas) si son pies cuadrados para el área y lux si se usan metros cuadrados para un área.

Concepto: Densidad superficial local del flujo luminoso incidente
Nombre del concepto: Iluminancia
Símbolo conceptual: E
Unidades constituyentes: lúmenes, área
Nombre de la unidad: Footcandle (lúmenes/pie cuadrado), fc
Lux (lúmenes/metro cuadrado), lx

Definición matemática: $$E \equiv \frac{d\Phi_{on}}{dA}$$

Aparte de la noción general de que el flujo es incidente, la iluminancia no describe la cantidad que llega de varias direcciones, sólo el total del incidente. Sin información adicional, esto puede limitar la utilidad y la importancia de la iluminancia. La Figura 5.6 muestra dos condiciones de iluminación muy diferentes que tienen la misma iluminancia.

5.6.1.1 ILUMINANCIA PROMEDIO

En ciertas circunstancias, conocer la iluminancia promedio en un área grande es útil en el diseño de iluminación o proceso de análisis. Como cualquier promedio simple, la iluminancia promedio no revela nada sobre cualquier variación local en la iluminancia que pueda existir sobre el área para la cual está determinado, sin embargo puede describir de manera general un atributo útil de una superficie iluminada.

Concepto: Densidad superficial media del flujo luminoso incidente sobre un área extendida:
Nombre del concepto: Iluminancia media
Símbolo del concepto: $\bar{E}$

Unidades constituyentes: Lúmenes,área

Nombre de la unidad: Footcandle (Lúmenes/pies cuadrados), fc
Lux (Lúmenes/metros cuadrados) Lx

Definición matemática: $$\bar{E} \equiv \frac{\Phi_{on}}{A} = \frac{1}{A}\int_0^A E\,dA \approx \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{N}\Delta A_i\,E_i = \frac{\Delta A}{A}\sum_{i=1}^{N}E_i = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}E_i$$

5.6.2 EXITANCIA

La exitancia es la densidad de flujo luminoso exitante (que sale) en un elemento diferencial de superficie ubicado en un punto, expresado en lúmenes por unidad de área. La exitancia es la densidad de flujo emitida, y por lo tanto puede estar relacionado con qué tan luminosa es la superficie emisora o qué tan brillante parece.
La exitancia no tiene una unidad con nombre y "lúmenes por pie cuadrado" o "lúmenes por metro cuadrado" se utilizan para describir la exitancia.

Concepto: Densidad superficial local del flujo luminoso emitido
Nombre del concepto: Exitancia
Símbolo conceptual: M
Unidades constituyentes: lúmenes, área
Nombre de la unidad: Ninguno

Definición

Matemática

$$M \equiv \frac{d\Phi_{off}}{dA}$$

Al igual que la iluminancia, la exitancia no proporciona información sobre las direcciones en las que la superficie emite flujo, sólo la cantidad total. La figura 5.7 muestra casos extremos de dos superficies con exitancias idénticas pero características de emisión radicalmente diferentes.
La exitancia es útil porque describe el poder general de emisión de luz de una superficie. Pero debido a su falta de direccionalidad, es posible que no indique qué tan luminoso es un objeto o una superficie que aparece desde un punto de vista particular. Sólo en el caso de una superficie que emita flujo de forma difusa se puede establecer una relación fiable entre exitancia y luminancia. Ver 5.7.3 Luminancia.

5.6.2.1 EXITANCIA PROMEDIO

Al igual que la iluminancia promedio, conocer la exitancia promedio en un área grande es útil en el diseño de iluminación o proceso de análisis, pero tampoco revela nada sobre las variaciones locales que pudiera existir sobre el área para la cual se determina.

Concepto: Densidad superficial media del flujo luminoso emitido
Nombre del concepto: Salida media
Símbolo conceptual: $\bar{M}$
Unidades constituyentes: lúmenes, área
Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática:

$$\bar{M} \equiv \frac{\Phi_{off}}{A} = \frac{1}{A}\int_0^A M\, dA \approx \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{N}\Delta A_i\, M_i = \frac{\Delta A}{A}\sum_{i=1}^{N} M_i$$
$$\approx \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} M_i; \text{ or}$$
$$= \bar{E}\,\rho$$

FIGURA 5.6 | DOS CONDICIONES DE ILUMINANCIA

Dos condiciones de iluminación diferentes que tienen la misma iluminancia. A la izquierda, todo el flujo llega a la superficie desde la misma dirección, a la derecha se llega uniformemente desde todas las direcciones. En ambos casos la densidad de lúmenes por área es la misma.

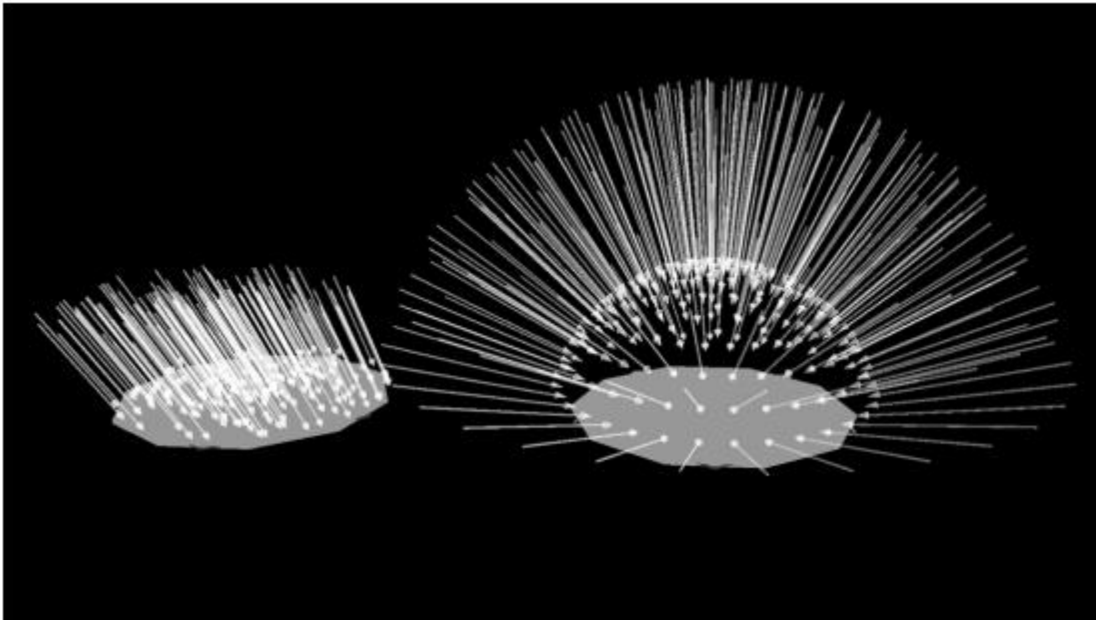
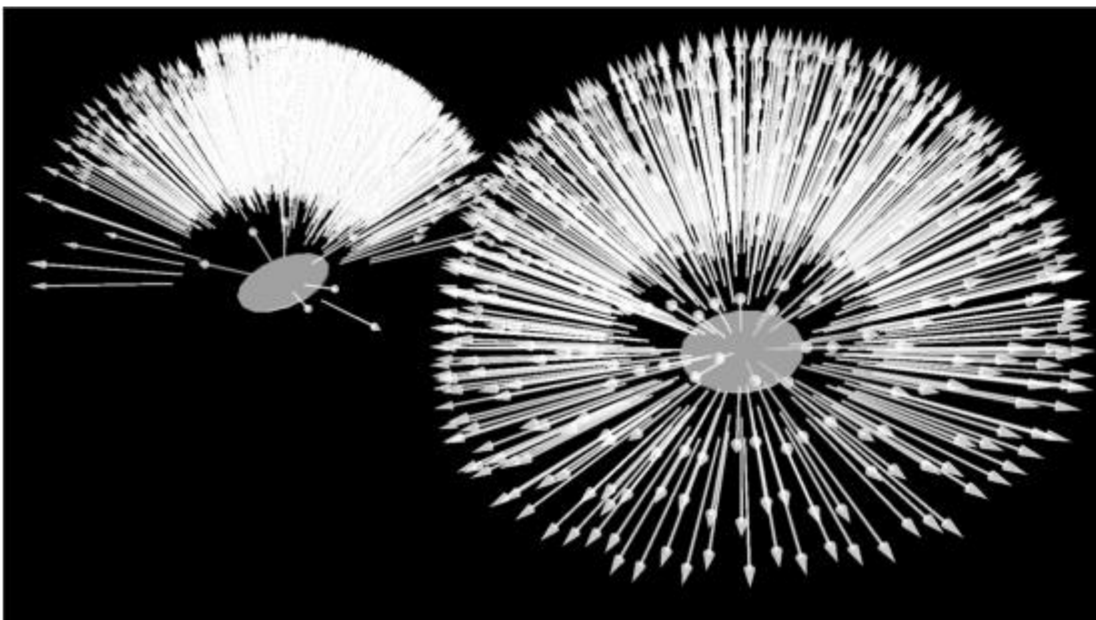


FIGURA 5.7 | DOS CONDICIONES DE EXITANCIA

Dos condiciones de emisión diferentes que tienen la misma exitancia. A la izquierda, todo el flujo sale de la superficie en la misma dirección, a la derecha sale uniformemente en todas las direcciones. En ambos casos, la densidad de lúmenes existentes por área es la misma.



5.7 DENSIDADES DE FLUJO ESPACIAL

Para describir la densidad de flujo en el espacio, se requiere una medida de "espacio". No se trata de volumen, sino de una cantidad que describe la extensión o tamaño aparente de un objeto desde un punto de vista.

5.7.1 ÁNGULO SÓLIDO

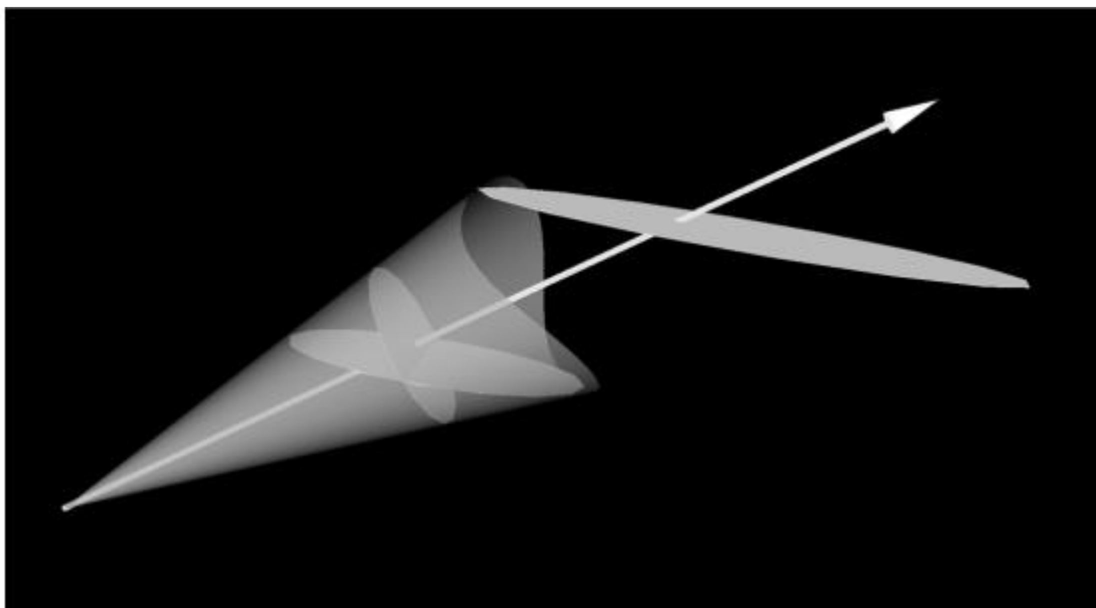
El ángulo sólido se utiliza para definir la extensión espacial con el fin de establecer las densidades de flujo espacial. Así como el ángulo plano especifica la extensión de la separación entre dos líneas que se cruzan de longitud indeterminada, el ángulo sólido especifica la extensión de un cono de longitud indeterminada. La figura 5.8 muestra un cono de ángulo sólido de este tipo y cómo tres discos de diferentes tamaños y orientaciones pueden exhibir el mismo ángulo sólido desde un punto de vista. Los ángulos sólidos se miden en estereorradianes.

Concepto:	Extensión espacial
Nombre del concepto:	Ángulo sólido
Símbolo conceptual:	ω
Unidades constituyentes:	área, distancia
Nombre de la unidad:	estereorradián, sr
Definición matemática:	

$$d\omega \equiv \frac{dA\cos(\theta)}{D^2};\ \ \omega = \int_A \frac{dA\cos(\theta)}{D^2}$$

FIGURA 5.8 | ÁNGULO SÓLIDO

El ángulo sólido (representado por el cono abierto) para tres discos de diferentes tamaños y orientaciones. Aunque de diferente extensión superficial y orientación, tienen la misma extensión espacial con respecto al vértice del cono, desde el punto de mirada.



5.7.2 INTENSIDAD LUMINOSA

La intensidad luminosa especifica la potencia de emisión de luz de una fuente puntual en una dirección particular y se define como la densidad del flujo luminoso en el espacio en esa dirección. Esta relación de lúmenes por estereorradianes tiene el nombre de candela. La intensidad luminosa también se denomina potencia de candelas. Es común usar el sistema de coordenadas esféricas para especificar una dirección desde una fuente puntual y, por lo tanto, la distribución de la intensidad luminosa de una fuente a menudo se expresa como una función de los dos ángulos de coordenadas esféricas. La intensidad luminosa es invariable con la distancia a la fuente. Las Figuras 5.9 y 5.10 muestran cómo la intensidad luminosa describe la distribución espacial de la luz de las fuentes.

Concepto: Densidad espacial del flujo luminoso de una fuente puntual
Nombre del concepto: Intensidad luminosa (candelabro)
Símbolo conceptual: I
Unidades constituyentes: lúmenes, estereorradianes
Nombre de la unidad: Candela, cd

Definición matemática:

$$\mathrm{I}(\theta,\psi) \equiv \frac{d\Phi(\theta,\psi)}{d\omega}$$

5.7.2.1 INTENSIDAD LUMINOSA EQUIVALENTE

Se puede utilizar una definición operativa de intensidad luminosa para describir aproximadamente la potencia de emisión de luz de las fuentes que son áreas luminosas y no puntos. La iluminancia, E, producida por una fuente puntual en un punto de una superficie ubicada a una distancia D de la fuente y orientada de modo que la superficie perpendicular apunte directamente hacia la fuente, es:

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{I}(\theta,\psi)\cos(\theta)}{\mathrm{D}^2} = \frac{\mathrm{I}(\theta,\psi)\cos(0^\circ)}{\mathrm{D}^2} = \frac{\mathrm{I}(\theta,\psi)}{\mathrm{D}^2} \qquad (5.3)$$

Dónde:

$\mathrm{I}(\theta,\psi)$ = intensidad luminosa de la fuente puntual en la dirección del punto iluminado

D= distancia desde la fuente puntual hasta el punto iluminado

La ecuación 5.3 se invierte para dar una definición operativa de intensidad luminosa:

$$\bar{\mathrm{I}}(\theta,\psi) = \mathrm{E}\,\mathrm{D}^2 \qquad (5.4)$$

Es decir, la intensidad se puede definir operativamente como el producto de la iluminancia que produce en algún punto distante y el cuadrado de la distancia a ese punto. Si una fuente de área produce una iluminancia, E', en un punto a cierta

distancia D de su centro y en una dirección particular (θ,ψ), entonces la ecuación 5.4 da una definición operativa de la intensidad luminosa de esta fuente de área. Esta es la intensidad luminosa equivalente, $\bar{I}$, de la fuente de área. Tenga en cuenta que la intensidad luminosa equivalente no es invariable con la distancia, ya que para una fuente de área real, la relación entre la iluminancia producida y la distancia al cuadrado no permanece constante con la distancia. En la práctica, se utilizan distancias relativamente grandes y la intensidad luminosa equivalente es la cantidad utilizada para describir la distribución de la luz de prácticamente todos los equipos de iluminación prácticos. Este procedimiento fotométrico se describe en detalle en 9.9.2 Fotometría de distribución.

5.7.3 LUMINANCIA

La luminancia es una medida del poder emisor de luz de una superficie, en una dirección particular, por unidad de área aparente. Esto se expresa como una densidad de intensidad luminosa por unidad de área aparente. Implícita en la definición está la suposición de que el área es pequeña.
La luminancia es quizás la cantidad más importante en el diseño de iluminación y la ingeniería de iluminación, ya que es uno de los estímulos directos para la visión y se ha demostrado que muchas medidas de rendimiento y percepción dependen de la luminancia. La figura 5.11 muestra la definición de luminancia.

FIGURA 5.9 | DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE FLUJO

La distribución espacial de flujo para dos fuentes, indicada por la densidad de rayos emitidos en varias direcciones. La fuente de la izquierda distribuye la luz más o menos uniformemente en todas las direcciones, mientras que la de la derecha emite más luz hacia abajo.

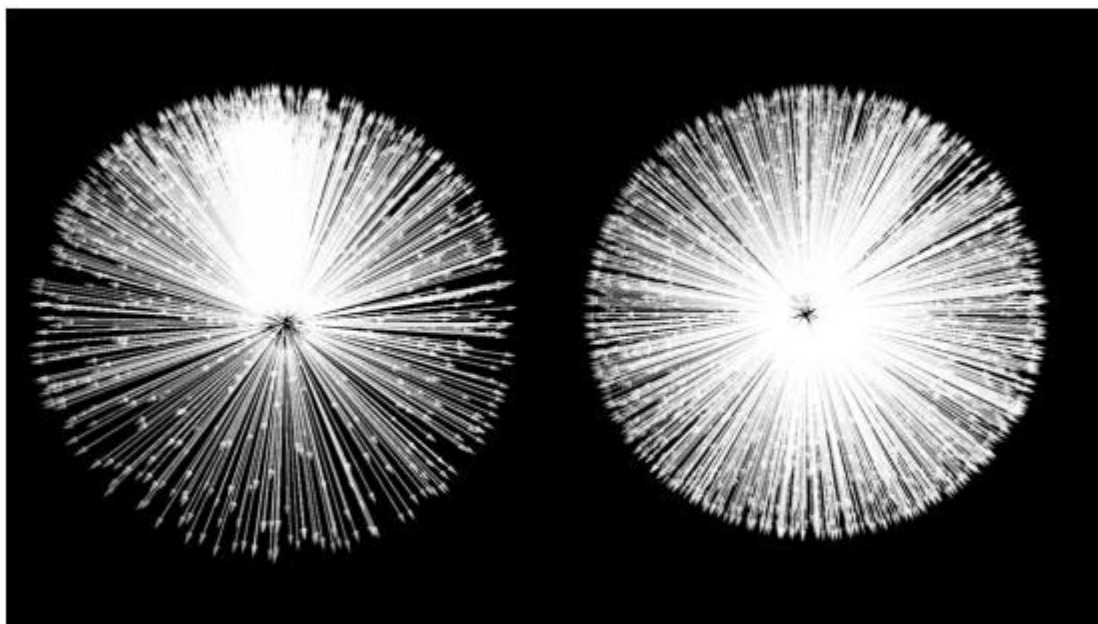
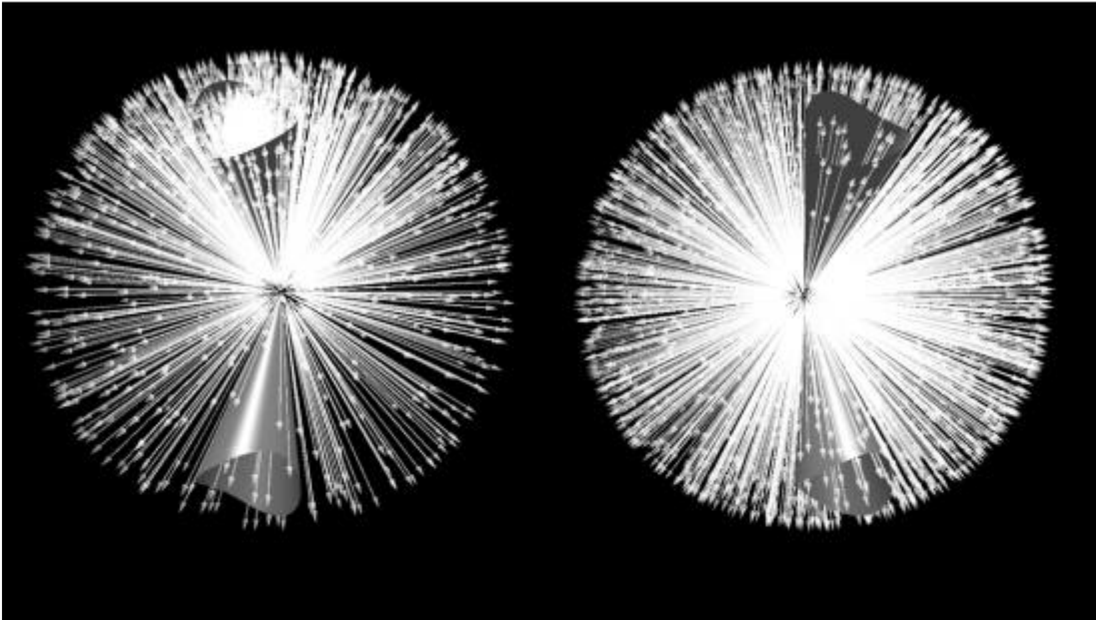


FIGURA 5.10 | INTENSIDAD LUMINOSA

Las intensidades luminosas para dos fuentes. Para cada fuente, se colocan dos conos de ángulo sólido alrededor de la fuente. El número de rayos dentro de cada cono es una medida de la densidad, en lúmenes por estereodianes, que estableció la fuente y, por lo tanto, su intensidad luminosa en esa dirección.



Concepto: Densidad superficial local de la potencia emisora de luz en una dirección particular.
Nombre del concepto: Luminancia

Símbolo del concepto : $L(\theta, \psi)$

Unidades constituyentes: Intensidad luminosa, área

Nombre de la unidad: Candela por metro cuadrado (nit)

Definición matemática:

$$L(\theta, \psi) \equiv \frac{dI(\theta, \psi)}{dA\ \cos(\theta)} = \frac{d^2\Phi}{d\omega\ dA\ \cos(\theta)}$$

La definición matemática también establece una definición operativa: la luminancia de una superficie es la relación entre la iluminancia que produce en un punto distante y el ángulo sólido que se subtiende forma en ese punto. Consulte 10.2.2 Iluminancia de fuentes de área.

$$L \equiv \frac{dE}{d\omega} \cos(\theta) \tag{5.5}$$

La ecuación 5.5 expresa esta definición operativa y es la base para todos los medidores de luminancia: una medida de iluminancia realizada a través de un cono de ángulo sólido conocido. La ecuación 5.5 también muestra que no es necesario involucrar una superficie para establecer una luminancia.

La luminancia promedio se puede definir y aproximar para un área grande

$$\bar{L} = \int_A \frac{dI(\theta,\psi)}{dA \cos(\theta)} \approx \frac{\bar{I}(\bar{\theta},\bar{\psi})}{A \cos(\bar{\theta})} \qquad (5.6)$$

5.8 LUZ Y MATERIALES

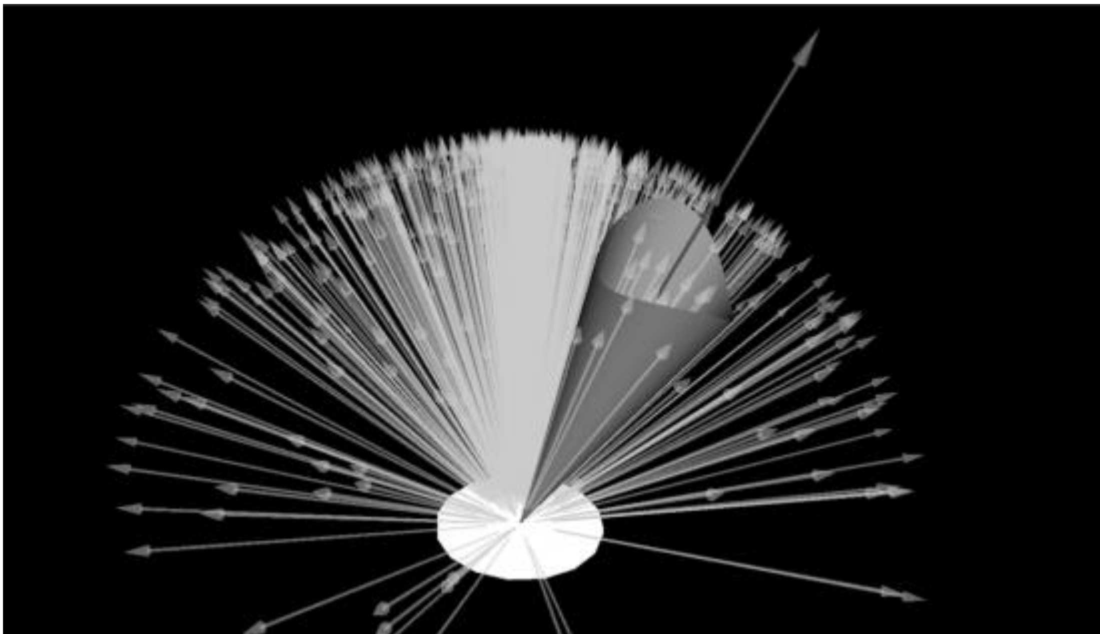
La interacción de la luz y los materiales es un aspecto importante de la iluminación arquitectónica. Los siguientes conceptos se utilizan para definir estas interacciones, que involucran no sólo a la cantidad de iluminación sino los tipos de distribuciones espaciales resultantes.

5.8.1 REFLECTANCIA

La reflectancia es la relación entre el flujo luminoso existente y el incidente. Puede o no especificarse con respecto a las direcciones incidentes o existentes (reflejadas). La reflectancia puede implicar la suma de todas las longitudes de onda luminosas o determinarse en función de la longitud de onda, que en este caso es reflectancia espectral. La reflectancia se ve afectada por la geometría, la longitud de onda y la polarización del flujo incidente. Ver 1.3.1.1 Reflexión.

FIGURA 5.11 | LUMINANCIA DE UNA SUPERFICIE

La luminancia de una superficie es la intensidad luminosa (lúmenes por estereorradián) en una dirección particular, por unidad de área aparente. La distribución de luz de una superficie puede no ser uniforme (como se muestra aquí). La dirección en la que se determina la luminancia se indica mediante la flecha oscura y el ángulo de visión, θ, se mide desde esta dirección a la superficie perpendicular.



Concepto: La fracción de luz incidente que es devuelta por una superficie
Nombre del concepto: Reflectancia

Símbolo conceptual: $\rho, \rho(\lambda)$

Unidades constituyentes: lúmenes

Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática: $$\rho \equiv \frac{\Phi_{off}}{\Phi_{on}}; 0 \leq \rho \leq 1$$

Un sistema común para especificar la geometría del flujo incidente y reflejado usa conos y hemisferios para definir la extensión y dirección del flujo. El flujo incidente se puede especificar como si llegara desde una dirección particular en un cono, o uniformemente desde todas las direcciones en un hemisferio. De manera similar, el flujo reflejado se puede especificar como existente en una dirección particular en un cono, o en cualquier dirección dentro de un hemisferio. Los conos involucrados pueden ser pequeños pero finitos o evanescentemente pequeños, en cuyo caso se trata de una sola dirección. En todos los casos, los valores límite son cero y uno ya que la reflectancia se define como la relación de los flujos luminosos.
El arreglo más común utilizado para medir y especificar la reflectancia para arquitectura en las superficies es cónica incidente y hemisférica exitante. Dado que la geometría es fija, un solo valor define el poder reflectante de la superficie. Como se describe en 1.3 Óptica para iluminación, las reflectancias pueden ser especulares, difusas y dispersas. La figura 5.12 muestra la luz difusa y especular de una reflectancia.

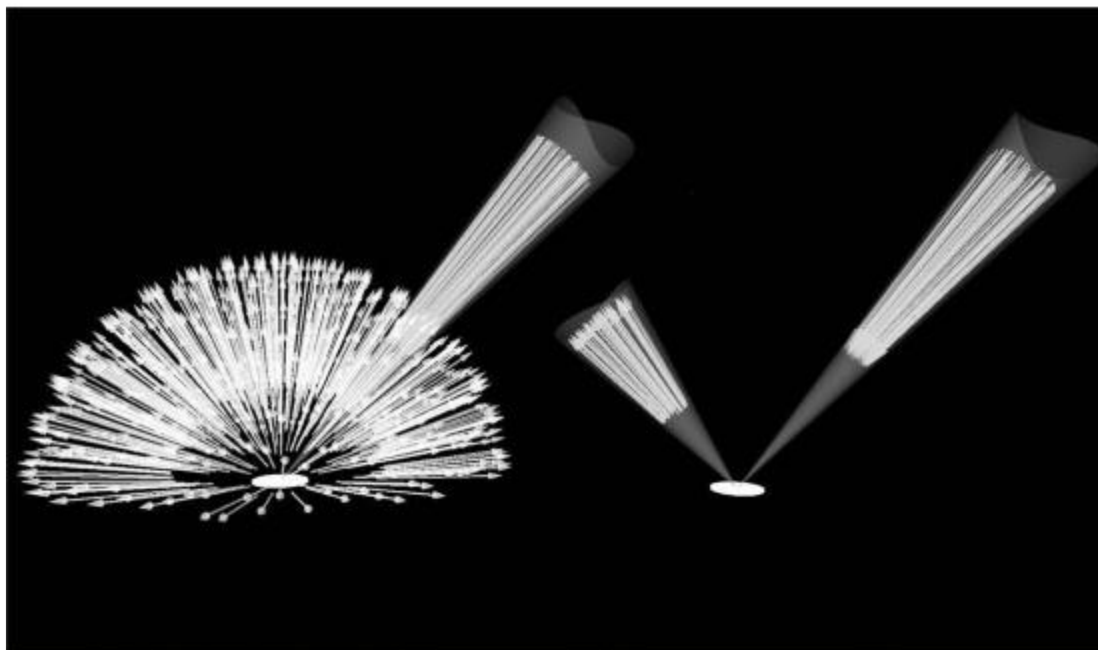
5.8.1.1 REFLECTANCIA PERFECTAMENTE DIFUSA: UN CASO ESPECIAL ÚTIL

La mayoría de las superficies arquitectónicas prácticas reflejan la luz incidente en muchas direcciones. Esta propiedad se puede extender para definir una superficie hipotética que exhibe una distribución de luz reflejada tal que su densidad varía con el coseno del ángulo de salida medido de la superficie perpendicular. Esta distribución especial reflejada se llama reflectancia perfectamente difusa.
Tenga en cuenta que la difusividad perfecta no significa una distribución uniforme, sino más bien una distribución que es más densa en la dirección de la superficie perpendicular, decreciendo como el coseno del ángulo de la dirección reflejada. Tenga en cuenta también que la difusión perfecta no significa reflejo perfecto; es decir, no significa una reflectancia de 1.0
Las superficies que son reflectores perfectamente difusos exhiben esta distribución independientemente de la dirección incidente de la luz. Una consecuencia de la luz reflejada difusamente es que tal superficie exhibe una luminancia que es constante e independiente de la vista. Otra es que es muy grande la simplificación de los cálculos de iluminación si es posible. Ver 10.5.2 Interreflexión. Si está ausente más información detallada sobre las superficies arquitectónicas, se asume universalmente dentro del proceso de diseño de iluminación que las superficies son reflectores perfectamente difusos.

FIGURA 5.12 | REFLECTANCIA

Reflectancia difusa y especular. Envíos de reflectancia difusa (izquierda) con luz uniforme en todas las direcciones, independientemente de la dirección de incidencia.

La reflectancia especular (derecha) envía luz al plano formado por el rayo incidente y la superficie perpendicular, y en un ángulo de esa perpendicular igual a la del rayo incidente. Así, en la reflectancia especular, el cono incidente se conserva.



Concepto: Difusión perfecta de la luz incidente por dispersión y reflexión

Nombre del concepto: Reflectancia perfectamente difusa

Símbolo conceptual: $\rho, \rho(\lambda)$

Unidades constituyentes: lúmenes

Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática:

$$\rho \equiv \frac{\Phi_{\text{off}}\,(\text{diffuse})}{\Phi_{\text{on}}}; 0 \leq \rho \leq 1$$

5.8.1.2 REFLECTANCIA BIDIRECCIONAL

En algunos casos, la forma, la textura, la composición o la estructura de una superficie le da una reflectancia que es fuertemente direccional y un solo valor no puede describir adecuadamente la interacción de la superficie con la luz. En estos casos, se deben tener en cuenta las direcciones incidente y saliente y se necesitan múltiples valores de reflectancia para caracterizar la superficie. La reflectancia bidireccional conceptualmente más simple asume la geometría cónica-incidente cónica-existente y la reflectancia es una función de las dos direcciones. Es común utilizar el sistema de

coordenadas esféricas para especificar estas direcciones, por lo que la reflectancia bidireccional es la relación de los flujos luminosos en los conos incidente y saliente:

$$\rho(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r) = \frac{\Phi(\theta_r,\psi_r)}{\Phi(\theta_i,\psi_i)}; 0 \leq \rho \leq 1 \qquad (5.7)$$

Dónde:

(θ_i,ψ_i) = **dirección incidente**
(θ_r,ψ_r) = **dirección exitante (reflejada)**

5.8.1.3 FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE REFLECTANCIA BIDIRECCIONAL

Una forma alternativa y más común de especificar la reflectancia direccional es la función de distribución de reflectancia bidireccional (BRDF), f_r. Tiene la ventaja de ser más simple de medir en la práctica que la reflectancia direccional cónica-cónica. BRDF se define como:

$$f_r(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r) = \frac{dL_r(\theta_r,\psi_r)}{E_i(\theta_i,\psi_i)}; 0 \leq f_r < \infty \qquad (5.8)$$

Dónde:

$Ei(\theta_i,\psi_i)$ = **iluminancia producida por flujo desde la dirección incidente** (θ_i,ψ_i)
$Lr(\theta_r,\psi_r)$ = **luminancia de la superficie en la dirección exitante (reflejada)** (θ_r,ψ_r)

Las unidades de f_r son estereorradianes inversos, sr^{-1}. BRDF se ha utilizado para caracterizar tareas visuales que no exhiben una reflexión especular o difusa perfecta con el propósito de predecir rendimiento [15], y para caracterizar las propiedades reflectantes detalladas de arquitectura superficies para la representación gráfica por ordenador de la arquitectura y los sistemas de iluminación [16].

5.8.2 TRANSMITANCIA

La transmitancia es la relación entre el flujo luminoso emergente y el incidente. Puede o no ser especificado con respecto a las direcciones incidentes o emergentes (transmitidas). La transmitancia puede implicar la suma de todas las longitudes de onda luminosas o determinarse como una función de longitud de onda, en cuyo caso es la transmitancia espectral. El sistema cono-hemisferio de la geometría utilizada para la reflectancia también se utiliza para la transmitancia. Los valores límite son cero y uno ya que la transmitancia es la relación de los flujos luminosos. La transmitancia se ve afectada por la geometría, longitud de onda y polarización del flujo incidente. Ver 1.3.1.2 Transmisión.

Concepto: La fracción de luz incidente que atraviesa y sale de un material.
Nombre del concepto: Transmitancia

Símbolo del concepto: $\tau, \tau(\lambda)$

Unidades constituyentes: Lúmenes

Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática: $\tau \equiv \frac{\Phi_{out}}{\Phi_{on}}; 0 \leq \tau \leq 1$

La figura 5.13 muestra los dos tipos de transmitancia comunes en los materiales arquitectónicos: difusa y de preservación de la imagen.

5.8.2.1 TRANSMITANCIA PERFECTAMENTE DIFUSA:

Es un caso especialmente útil. Algunos materiales arquitectónicos prácticos redirigen la luz incidente transmitida en muchas direcciones. Esta propiedad se puede extender para definir una superficie hipotética que exhibe una distribución de luz transmitida tal que su densidad varía con el coseno del ángulo de salida medido desde la superficie perpendicular. Esta distribución transmitida especial se denomina transmitancia perfectamente difusa. Tenga en cuenta que la difusividad perfecta no significa una distribución uniforme, sino una distribución que es más densa en la dirección de la superficie perpendicular, decreciendo como el coseno del ángulo de la dirección transmitida. Tenga en cuenta también que la transmisión perfecta no significa transmisión perfecta; es decir, no significa una transmitancia de 1.0.

5.8.2.2 TRANSMITANCIA BIDIRECCIONAL

En algunos casos, la forma, textura, composición o estructura de una superficie le dan transmitancias que son fuertemente direccionales y un solo valor no puede describir adecuadamente la interacción de las superficies con la luz. En estos casos, se deben tener en cuenta las direcciones incidente y saliente y se necesitan múltiples valores de transmitancia para caracterizar la superficie. La transmitancia bidireccional conceptualmente más simple asume la geometría cónica incidente y la cónica saliente y la transmitancia es una función de las dos direcciones. Es común utilizar el sistema de coordenadas esféricas para especificar estas direcciones, por lo que la transmitancia bidireccional es la relación de los flujos luminosos en los conos incidente y saliente:

$$\tau(\theta_i, \psi_i; \theta_r, \psi_r) = \frac{\Phi(\theta_t, \psi_t)}{\Phi(\theta_i, \psi_i)}; 0 \leq \tau \leq 1 \qquad (5.9)$$

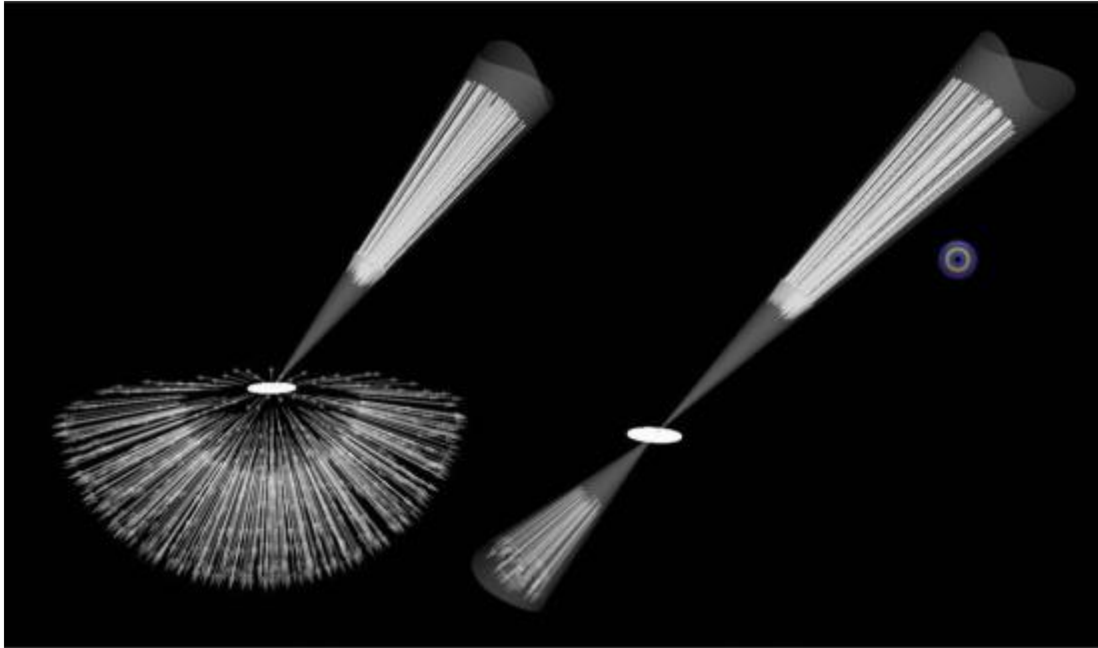
Dónde:

(θ_i, ψ_i) = **dirección incidente**

(θ_t, ψ_t) = **dirección exitante (transmitida)**

FIGURA 5.13 | TRANSMITANCIA

Transmitancia preservadora de imagen y difusa. La transmitancia difusa (izquierda) envía luz uniformemente en todas las direcciones, independientemente de la dirección incidente. La transmitancia que preserva la imagen (derecha) preserva la dirección en la que viaja la luz. En la práctica, siempre existe una refracción que compensa los rayos, incluso en medios delgados con caras paralelas. Ver 1.5.1.2 Transmisión.



5.8.2.3 FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TRANSMITANCIA BIDIRECCIONAL

Una alternativa y más común para especificar la reflectancia direccional es la bidireccional.

La función de distribución de transmitancia (BTDF), ft. tiene la ventaja de ser más simple de medir en la práctica que la transmitancia direccional cónica-cónica. BTDF se define como:

$$f_t(\theta_i, \psi_i; \theta_t, \psi_t) = \frac{dL_t(\theta_t, \psi_t)}{E_i(\theta_i, \psi_i)}; 0 \leq f_t < \infty \quad (5.10)$$

Dónde:

$Ei(\theta_i, \psi_i)$ = **iluminancia producida por un flujo desde la dirección incidente** (θ_i, ψ_i)

$L_t(\theta_t, \psi_t)$ = **luminancia de la superficie en la dirección exitante (transmitida)** (θ_t, ψ_t)

5.8.3 ABSORCIÓN O ABSORBANCIA.

La absorbancia define el flujo luminoso que es absorbido por un material a medida que pasa el flujo a través de él. Para la mayoría de los materiales en la iluminación arquitectónica, el flujo que nos es reflejado o transmitido es absorbido.

Concepto: La fracción de luz incidente que se pierde en el interior de un material.
Nombre del concepto: Absorción

Símbolo del concepto: $Q_e, Q_e(\lambda)$

Unidades constituyentes: Lúmenes.

Nombre de la unidad: Ninguna

Definición matemática:

$$\alpha \equiv \frac{\Phi_{lost}}{\Phi_{on}} = \frac{\Phi_{on} - \Phi_{out}}{\Phi_{on}}; 0 \leq \alpha \leq 1$$

5.9 OTROS CONCEPTOS DERIVADOS

Los conceptos derivados de otros más simples se utilizan a menudo en iluminación. Ejemplos son el contraste, que se utiliza para especificar una característica de una tarea visual, y el brillo, que es la respuesta perceptiva a la luminancia.

5.9.1 CONTRASTE LUMINOSO

Esta unidad especifica la diferencia de luminancia exhibida por un objetivo visual u objeto de interés, desde su entorno o fondo inmediato. Un ejemplo de objetivo visual y fondo son la impresión en esta página y el papel que la rodea. El contraste luminoso puede ser negativo, como es el caso de la impresión oscura en papel blanco: la luminancia objetivo (luminancia de las letras impresas) es menor que la luminancia de fondo (luminancia del papel). A veces el contraste se define absolutamente; es decir, siempre es positivo. En algunos casos, el contraste se define como una modulación que implica tanto la diferencia de luminancias y su sumatoria. Consulte 4.2.4 Contraste de luminancia.

Concepto: La diferencia de luminancia entre un objetivo visual y su entorno inmediato relativo a su entorno.
Nombre del concepto: Contraste luminoso
Símbolo del concepto: C
Unidades constituyentes: Luminancia
Nombre de la unidad: Ninguno

Definición matemática:

$$C = \frac{L_t - L_b}{L_b} \text{ or } C = \left|\frac{L_t - L_b}{L_b}\right| \text{or } C = \frac{L_t - L_b}{L_t + L_b}$$

5.9.2 BRILLO

El brillo es la respuesta perceptible a la luminancia y está asociado con la potencia luminosa de una superficie u objeto, y varía de brillante a tenue. Se ve afectado por la luminancia y la luminancia envolvente, adaptación, gradiente y espectro. Ver 4.3 Brillo.

Concepto: La fuerza o poder de la sensación luminosa de un estímulo visual; es la respuesta visual equivalente al nombre del concepto de luminancia:

Símbolo del concepto de brillo: B
Unidades constituyentes: Ninguna
Nombre de la unidad: Ninguna

Definición matemática: $B \propto L_t^{1/3} - B_0(L_b, \alpha)$

5.10 TABULACIÓN

5.10.1 UNIDADES RADIOMÉTRICAS

Algunos de los conceptos que se muestran en la Tabla 5.1 se enumeran sin haber sido explicados previamente. Son el equivalente radiante de una unidad fotométrica de nombre similar y su significado debe ser claro.

5.10.2 UNIDADES FOTOMÉTRICAS PRINCIPALES

La Tabla 5.2 resume las principales unidades fotométricas comúnmente utilizadas en iluminación. En cada caso se proporciona el concepto y el nombre del concepto. En algunos casos, el concepto de unidad no tiene nombre, como en el caso de la exitancia. En otros casos, rara vez se usa el nombre oficial y las unidades constituyentes son más comunes, como en el caso de la luminancia, donde el nombre de la unidad es **nit** pero la práctica más común es usar cd/m^2. En todos los casos, las ecuaciones matemáticas expresan la definición de la cantidad y no se usan necesariamente en la práctica para el cálculo computacional. Ver 10 | CÁLCULO DE LUZ.

CUADRO 5.1 | MAGNITUDES RADIOMÉTRICAS

Concepto	Nombre del concepto	Unidades constituyentes	Símbolo	Nombre de la unidad	Fórmula
Energía radiante	Energía		Q_e	Joule	
Flujo de radianes	Potencia	energía, tiempo	F_e	Vatio	$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$
Potencia espectral	Potencia por unidad de longitud de onda	vatio, longitud	$P(\lambda)$		$P(\lambda) = \frac{\Phi_e(\lambda)}{\Delta\lambda}$
Densidad de potencia en la superficie incidente	Irradiancia	vatio, área	E_e		$E_e = \frac{d\Phi_{e\ on}}{dA}$
Densidad de potencia en la superficie exitante	Exitancia radiante	vatio, área	M_e		$M_e = \frac{d\Phi_{e\ off}}{dA}$
Densidad de la potencia de la radiancia espacial	Intensidad radiante	vatio, estereoradián	I_e		$I_e(\theta,\psi) = \frac{d\Phi_e(\theta,\psi)}{d\omega}$
Intensidad radiante por unidad de área	Radiancia	intensidad radiante, área	L_e		$L_e(\theta,\psi) = \frac{dI_e(\theta,\psi)}{dA\cos(\theta)} = \frac{d^2\Phi_e}{d\omega\, dA\cos(\theta)}$

TABLA 5.2 CANTIDADES FOTOMÉTRICAS

Concepto	Nombre del concepto	Unidades constituyentes	Símbolo	Nombre de la unidad	Fórmula
Potencia radiante fotópica evaluada visualmente	Photopic Luminous flux	vatioluz , lúmenes/vatio	Φ	lúmen lm	$\Phi \equiv 683 \int_0^\infty \Phi_{e\lambda}(\lambda)v(\lambda)d\lambda$
Potencia escotópica radiante evaluada visualmente	Flujo luminoso Escotópico	vatioluz , lúmenes/vatio	Φ´	lúmen lm	$\Phi \equiv 1700 \int_0^\infty \Phi_{e\lambda}(\lambda)v'(\lambda)d\lambda$
Cantidad de flujo luminoso integrada en el tiempo, dosificación	Cantidad de luz	lúmen	Q_v, Φ·s	lúmen segundos	$Q_v = \int \Phi\, dt$
Eficacia de la radiación	Eficacia	lúmenes , vatios radiantes	K		$K = \frac{\Phi}{\Phi_e}$
Eficacia de una fuente	Eficacia	lúmenes vatios eléctricos	η		$\eta \equiv \frac{\Phi}{W}$
Densidad de flujo de la superficie incidente	Iluminancia	lúmenes ,área	E	footcandle lux (fc, lx)	$E \equiv \frac{d\Phi_{on}}{dA}$
Densidad de flujo superficial emergente	Exitancia	lúmenes ,área	M		$M \equiv \frac{d\Phi_{off}}{dA}$
Extensión espacial	Ángulo sólido	área , distancia	ω	estereoradian sr	$d\omega \equiv \frac{dA\cos(\theta)}{D^2};\ \omega = \int_A \frac{dA\cos(\theta)}{D^2}$
Densidad de flujo espacial	Intensidad Luminosa	lúmenes estereoradianes	I	candela cd	$I(\theta,\psi) \equiv \frac{d\Phi(\theta,\psi)}{d\omega}$
Densidad de flujo espacial emitido por una superficie	Luminancia	candelas ,área	L	cd m^{-2}	$L(\theta,\psi) \equiv \frac{dI(\theta,\psi)}{dA\cos(\theta)} = \frac{d^2\Phi}{d\omega\, dA\cos(\theta)} \approx \frac{I(\theta,\psi)}{A\cos(\theta)}$
Fracción de radiación óptica incidente reflejada por un material	Reflectancia	lúmenes	ρ		$\rho \equiv \frac{\Phi_{off}}{\Phi_{on}}; 0 \le \rho \le 1$
Reflectancia de la radiación óptica en función de la longitud de onda	Reflectancia Espectral	lúmenes	ρ(λ)		$\rho(\lambda) \equiv \frac{\Phi(\lambda)_{off}}{\Phi(\lambda)_{on}}$

Sigue en la siguiente página.

Tabla 5.2 1 Cantidades fotométricas continuación de la página anterior

Concepto	Nombre del Concepto	Unidades Constituyentes	Símbolo	Nombre de la unidad	Fórmula
Reflecyancia de la radiación óptica de una dirección a otra	Reflectancia Bidireccional	lúmenes	ρ(θi,ψi;θr,ψr)		$\rho(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r)=\frac{\Phi(\theta_r,\psi_r)}{\Phi(\theta_i,\psi_i)};0\le\rho\le1$
Luminancia reflejada por unidad de luminancia de una superficie	Función de la distribución de la Reflectancia Bidireccional	luminancia, iluminancia	$f_r(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r)$	sr^{-1}	$f_r(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r)=\frac{dL_r(\theta_r,\psi_r)}{E_i(\theta_i,\psi_i)};0\le f_r<\infty$
Fracción de luz incidente a través de un material	Transmitancia	lúmenes	τ		$\tau\equiv\frac{\Phi_{out}}{\Phi_{on}};0\le\tau\le1$
Transmitancia de la radiación óptica en funsión de la longitud de onda	Transmitancia espectral	lúmenes	τ(λ)		$\tau(\lambda)\equiv\frac{\Phi(\lambda)_{out}}{\Phi(\lambda)_{on}};0\le\tau\le1$
Transmitancia de la radiación óptica de una dirección a otra	Transmitancia Bidireccional	lúmenes	τ(θi,ψi;θr,ψr)		$\tau(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r)=\frac{\Phi(\theta_t,\psi_t)}{\Phi(\theta_i,\psi_i)};0\le t\le1$
Luminancia transmitida por unidad de luminancia de una superficie	Función de la distribución de la Transmitancia Bidireccional	luminancia, iluminancia	$f_t(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r)$	sr^{-1}	$f_t(\theta_i,\psi_i;\theta_t,\psi_t)=\frac{dL_t(\theta_t,\psi_t)}{E_i(\theta_i,\psi_i)};0\le f_t<\infty$
Fracción de luz incidente perdida en un material	Absorbancia	lúmenes	α		$\alpha\equiv\frac{\Phi_{lost}}{\Phi_{on}}=\frac{\Phi_{on}-\Phi_{out}}{\Phi_{on}};0\le\alpha\le1$
Diferencia luminosa de un objetivo y su entorno	Contraste luminoso	luminancia	C		$C=\frac{L_t-L_b}{L_b}$ or $C=\left\lvert\frac{L_t-L_b}{L_b}\right\rvert$ or $C=\frac{L_t-L_b}{L_t+L_b}$
La percepción de la fuerza luminosa de la luminancia	Brillo	luminancia	B		$B\propto L_t^{1/3}-B_0(L_b,\alpha)$

5.11 REFERENCIAS

[1] [CIE] Commission International de l'Eclairage. 1987. International Lighting Vocabulary, 4th edition. CIE 17.4-1987. Austria. 379 p.

[2] [IES] Illuminating Engineering Society. 2005. RP-16-05, Nomenclature and definitions for illuminating engineering. New York. 117 p.

[3] [BIPM] Bureau International des Poids et Measures. 2006. The international system of units (SI). 8th edition. Paris. BIPM. 180 p.

[4] Nutting PG. 1907. The luminous equivalent of radiation. Phy Rev. 24(2):202-13.

[5] Langley SP. 1888. Energy and vision. Am J Sci. 36(6):359-80.

[6] König A. 1891. Uber den helligkeitswert der spektralfarben bei vershiedener absoluter intensitat. In: Beitrage zur psychologie und physiologie der sinnesorgane. Hamburg. Voss. 388 p.

[7] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 1926. Sixieme session, 1924, Recueil des travaux et compte rendu des séances. Cambridge: Cambridge University Press.

[8] DiLaura DL. 2006. A history of light and lighting. New York: Illuminating Engineering Society. 402 p.

[9] Gibson KS, Tyndall EPT. 1923. The visibility of radiant energy. Sci Papers Bur Stand. 19(475):131-191.

[10] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 1983. CIE 18.2-1983 The basis of physical photometry. Vienna: CIE. 42 p.

[11] Sharpe LT, Stockman A, Jagla W, Jägle H. 2005. A luminous efficiency function, $V^*(\lambda)$, for daylight adaptation. J Vision. 5(11):3, 948-968,

[12] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. Proceedings. 1951. Vol 1, Sec 4. Vol 3, p 37. Bureau Central de la CIE, Paris.

[13] Crawford BH. 1949. The scotopic visibility function. Proc Phys Soc B. 62(5):321-334.

[14] Wald G. 1945. Human vision and the spectrum. Sci. 101(2635):653-658.

[15] DiLaura DL. 1975. On the computation of ESI. J Illum Eng Soc. 4(2):129-149.

[16] Leonard, TA, Rudolph P. 1993. BRDF round robin test of ASTM E1392. In: Proceesings of the SPIE. 1995:285-293.


©Kevin W. Houser

6 | COLOR

Es difícil no confundir lo que deriva de los objetos con lo que deriva de nuestros sentidos. Pocos hombres dudarían en decir que el Sol es luminoso, cálido como el fuego, que las cuerdas del laúd tienen un tono agradable; y mientras estas cosas no actúan sobre nosotros sino a través de algunos movimientos, el resto de la apariencia proviene de nosotros y debe atribuirse enteramente a nosotros.
Edme Mariotte (1681) Tratado sobre la naturaleza de los colores

CONTENIDO

El color es el resultado de espectros de radiación óptica generados por fuentes de luz, quizás modificados por los objetos y procesados por el sistema visual humano. Los métodos utilizados para caracterizar el color en cada paso desde la generación hasta la percepción son la base de este capítulo. Dado que su objetivo es fomentar el entendimiento mutuo entre los responsables del entorno luminoso, el énfasis está en aquellos aspectos del color más importantes para las personas en entornos ocupados y su experiencia del entorno visual. Las discusiones relacionadas con la discriminación del umbral de color, las anomalías de la visión del color y los canales de procesamiento visual se proporcionan en 4 | PERCEPCIÓN Y RENDIMIENTO. Los objetivos de la ciencia del color son cuantificar y predecir la experiencia humana del color. Aunque se han desarrollado fórmulas y ecuaciones para este propósito, este capítulo se centra en la aplicación práctica de los conceptos de color más que en los aspectos matemáticos. La Tabla 6.1 identifica las preguntas de diseño relacionadas con el color, el concepto relacionado con la pregunta y las secciones del Manual que contienen información adicional. La Tabla 6.2 resume los términos clave que se utilizan a lo largo de este capítulo. Este capítulo está escrito para ser leído secuencialmente y los últimos conceptos se basan en los anteriores.

6.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Esta sección describe las características básicas de los estímulos visuales que producen percepciones de color, cómo se describen esas percepciones y cómo se cuantifican para los fines de análisis y predicción. Los términos clave utilizados en el estudio del color se enumeran en la Tabla 6.3.

6.1.1 DEFINICIÓN DE COLOR

Científicamente, el color se puede definir como la característica de la radiación óptica por la cual un observador puede distinguir entre parches luminosos del mismo tamaño, forma y estructura.
Esta definición reduce el color a una evaluación de las cantidades de energía radiante en diferentes longitudes de onda en el espectro visible. Tratado como una cantidad física, el color es un elemento esencial de las propiedades de fuentes de luz, objetos e interacciones fuente de luz/objeto, y ayuda a predecir la percepción humana del color bajo una amplia y práctica gama de condiciones. Pero la plena comprensión debe incluir también los efectos psicofísicos: las relaciones entre el estímulo físico y la respuesta perceptual humana.

La percepción del color tiene tres componentes:

1. Radiación óptica: El estímulo físico para la visión y el iniciador de la percepción del color.
2. Objetos: ya sea una fuente de luz vista directamente o una superficie iluminada por la interacción con radiación óptica (reflexión, transmisión, dispersión o fluorescencia).

CUADRO 6.1 | PREGUNTAS DE DISEÑO RELACIONADAS CON EL COLOR

Fuente de Color	Pregunta de Diseño	Concepto (s) de Color	Sección (s)
Fuente de Luz (Color de la Radiación Óptica)	¿Cómo se cuantifica la apariencia del color de una fuente de luz?	Cromaticidad, longitud de onda dominante, temperatura de color, temperatura de color correlacionada	6.2.1, 6.2.4, 6.2.5
	¿Cómo se cuantifican las diferencias entre la apariencia de múltiples fuentes cuando se ven simultáneamente?	Diferencia de color, temperatura de color correlacionada	6.2.3, 6.2.5
	¿Cómo se cuantifica el cambio de color con el tiempo, como ocurre con las lámparas de halogenuros metálicos?	Elipses de MacAdam, diferencia de color	6.2.1, 6.2.3
	¿Cómo se cuantifica la consistencia del color de lámpara a lámpara, como con los LED?	Elipses de MacAdam, diferencia de color, longitud de onda dominante	6.2.1, 6.2.3, 6.2.4
	¿Cómo se caracteriza el color de una fuente de radiación óptica de banda estrecha (también conocida como espectral, monocromática), como un LED de color?	Cromaticidad, longitud de onda dominante, pureza de exitación	6.2.1, 6.2.4
Objeto ("Color del Objeto")	¿Cómo afecta la elección de los materiales al entorno visual?	Color del objeto	6.1.3
	¿Cómo afecta la elección del acristalamiento al espectro interior de la luz del día?	Transmisión espectral	6.1.3.2
	¿Hay alguna manera de estimar la refectancia de la superficie a partir de un sistema de color de objetos?	Relación del valor de Munsell con la refectancia	6.4.2
Fuente de Luz / Interacción con el Objeto (" Color Práctico")	¿Por qué los materiales a menudo se ven diferentes bajo diferentes fuentes de luz?	Apariencia de color	6.7
	¿Por qué dos pinturas del mismo color, pero con diferentes niveles de brillo, parecen ser de diferentes colores?	Dispersión, apariencia de color	6.1.3.4, 6.7
	¿Por qué una fuente de luz UV cambia la apariencia de los objetos?	Fluorescencia	6.1.3.5
Sistema Visual (" Preceoción Humana del Color")	A igualdad de luminancia, ¿por qué los ambientes coloreados a veces parecen más brillantes que los ambientes neutros?	Aspecto del color (efecto Helmholtz Kohlrausch)	6.6
	¿Por qué los colores parecen estar menos saturados en ambientes oscuros?	Aspecto del color (efecto Hunt)	6.6
Medio Digital o Pantalla Visual	¿Por qué las representaciones se ven diferentes en distintas pantallas de computadora?	Dependencia del dispositivo RGB primarios	6.5.1
	¿Por qué los colores en una presentación proyectada se ven diferentes a los colores en un monitor de computadora?	Coincidencia de colores entre medios	6.7

3. Visión: El complejo sistema neurológico que involucra las células receptoras de la retina, los nervios fibras y el cerebro.

6.1.2 COLOR DE LA RADIACIÓN ÓPTICA: EL ESTÍMULO FÍSICO

La Figura 6.1 muestra la luz del día que ha sido refractada a través de un prisma de vidrio en un espectro de colores y muestra que la radiación óptica nominalmente "blanca" del sol consiste en muchas longitudes de onda que provocan diferentes percepciones de color.

La radiación óptica emitida por las lámparas se puede separar en la cantidad relativa de potencia radiante en cada longitud de onda. Esta es la distribución de potencia espectral (SPD) de la lámpara.

Consulte 1.4.2 Datos de potencia espectral y 9.7 Medición de espectros. Los SPD para tres fuentes de luz comunes las que se muestran en la Figura 6.2. El SPD de una fuente de luz es fundamental. Todas las descripciones del color de una fuente de luz se derivan de su SPD.

6.1.3 COLOR DEL OBJETO

Los materiales modifican la radiación óptica por reflexión, transmisión, dispersión y/o fluorescencia. Es conveniente pensar en la radiación óptica producida por estos objetos como fenómenos para el estímulo del "color del objeto".

6.1.3.1 REFLEXIÓN ESPECTRAL

Las distribuciones de reflectancia espectral (SRD) son cantidades relativas de energía radiante reflejada en cada longitud de onda en un rango de longitudes de onda. La reflectancia espectral puede variar con la dirección incidente y exitante.

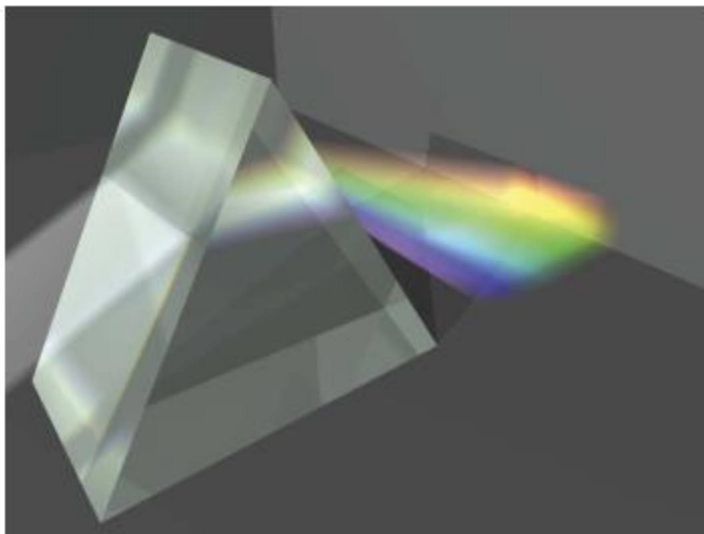


FIGURA 6.1 | REFRACCIÓN DE LA LUZ DEL DÍA

Cuando la luz del día se refracta a través de un vidrio tipo prisma se dispersa en un espectro de colores

CUADRO 6.2 | CLAVE DEL CONCEPTO DE COLOR

Concepto de Color	Idea básica
Color	El color se usa para significar muchas cosas: para describir el estímulo físico que es la radiación óptica; describir coloquialmente la apariencia de los objetos; y (quizás lo más importante) para describir el efecto de la radiación óptica en la mente del espectador.
Constancia de Color	La tendencia de las muestras de color a conservar su apariencia de color a pesar de los cambios en el color de la fuente de luz y los niveles de iluminación.
Temperatura de Color (de una fuente de luz)	Una expresión general relacionada con la blancura de la radiación óptica en una escala de cálida a fría. Más técnicamente, es la temperatura absoluta de un radiador de cuerpo negro que tiene una cromaticidad igual a la de la fuente de luz, expresada en unidades de kelvin.
Modelado de Color (de una fuente de luz)	Una expresión general para el efecto de una fuente de luz sobre la apariencia de color de los objetos en comparación consciente o subconsciente con su apariencia de color bajo una fuente de luz de referencia. La reproducción cromática no es sinónimo del índice de reproducción cromática.
Diferencia de Color	La diferencia de cromaticidad y/o luminancia entre dos colores que los hace parecer diferentes. Percepciones de color
Apariencia de Color	Un término para describir el efecto gestáltico de los espectros de radiación óptica que ingresan al sistema visual en la percepción resultante del color. Por definición, los modelos de apariencia de color deben al menos caracterizar la luminosidad, croma y matiz. Los modelos más complejos también caracterizan el brillo y el colorido.
Cambio de Color / Estabilidad	Términos relacionados con el cambio de color que puede ocurrir con el tiempo, o debido a un cambio en el voltaje de operación como con la atenuación.
Colorido	El atributo de una sensación visual por el cual el color percibido de un área parece ser más o menos colorido (o cromático).
Coincidencia de Colores	La acción de hacer que un color parezca igual a un color dado.

Consulte 1.5.1 Fenómenos ópticos importantes y 9.12 Medición de la reflectancia y la transmitancia. En la Figura 6.3 se muestran ejemplos de SRD para varias frutas comunes.

Distribución de energía espectral (SPD) *Es la potencia Radiante por unidad de intervalo de longitud de onda, considerada dentro de las extensiones del espectro visible. Las unidades suelen ser vatios/nm, normalizadas con el valor pico en 1.0, o normalizado a un valor relativo de porcentaje con el valor pico al 100%.*

6.1.3.2 TRANSMISIÓN ESPECTRAL

Las Distribuciones de Transmitancia Espectral (STD) son las cantidades relativas de energía radiante transmitida en cada longitud de onda en un rango de longitudes de onda. La transmisión espectral varía con las direcciones incidentes y exitantes. Para superficies transmisivas como ventanas y tragaluces, el efecto de ese objeto sobre la radiación óptica se puede caracterizar usando STD.

En la Figura 6.4 se muestran ejemplos de dos tipos de acristalamientos de ventanas.

Tanto la reflectancia como la transmitancia espectral pueden ser necesarias para caracterizar objetos translúcidos, ya que reflejan y transmiten radiación óptica.

6.1.3.3 ABSORCIÓN ESPECTRAL

La fracción de radiación óptica que es absorbida por un material se disipa en forma de calor, o es reemitida en longitudes de onda más largas. Cuando se disipa como calor, la radiación óptica visible es perdida. La absorción suele depender del espectro.

6.1.3.4 DISPERSIÓN ESPECTRAL

La dispersión espectral se refiere a la redirección de la radiación óptica desde su dirección incidente por reflexión, difracción o transmisión. El color de un material depende de la magnitud y geometría de la dispersión y la cantidad de absorción. El color y la dispersión son el resultado de lo que ocurre a nivel molecular. La dispersión aumenta con el tamaño de las partículas hasta que son aproximadamente del mismo tamaño que la longitud de onda de la radiación óptica, y luego disminuye como partícula los tamaños se hacen más grandes. Un objeto aparecerá blanco cuando haya muy poca absorción y la misma cantidad de dispersión en cada longitud de onda. Un material aparecerá coloreado cuando la dispersión dependa de la longitud de onda. Un objeto que parece azul, por ejemplo, dispersará radiación óptica de longitud de onda corta mientras absorbe longitudes de onda más largas. sin superficie-

CUADRO 6.3 | TÉRMINOS CLAVE DEL COLOR

Término	Idea Básica
Estímulo	En el contexto de este capítulo, un estímulo es el que se encarga de provocar una respuesta visual. El estímulo puede ser una fuente de luz, un objeto reflectante, una pantalla autoluminosa o algo que resulte en energía radiante que ingresa a los ojos.
Matiz	La percepción del enrojecimiento, azulado, verdoso o amarillento relativo de un estímulo.
Luminosidad	El atributo por el cual un color percibido se considera equivalente a uno de una serie de grises que van del negro al blanco.
Valor	Cuando se habla de color, el valor es sinónimo de luminosidad. Los artistas y diseñadores de interiores utilizan más comúnmente el valor, mientras que los científicos e ingenieros del color usan más comúnmente la luminosidad.
Croma	El atributo de color que se utiliza para indicar el grado de desviación de un gris de la misma luminosidad.
Saturación	El grado en que la percepción del estímulo se aleja del gris neutro. Un color saturado es un color puro sin mezclar que no se diluye con el blanco.
Saturación de un color percibido	El atributo según el cual una superficie vista (o apertura luminosa) parece exhibir un color más o menos cromático juzgado en proporción a su brillo.
Brillo	El atributo subjetivo de cualquier sensación de radiación óptica que da lugar a la percepción de la magnitud luminosa, incluida toda la escala de cualidades de ser brillante, claro, brillante, tenue u oscuro.

para esparcir, un objeto tendrá una apariencia brillante o lustrosa, que es el resultado de reflejos especulares. Por lo tanto, la dispersión está íntimamente ligada tanto al color de la superficie como a la especularidad.

Color saturado *Un color puro, como los colores del espectro, que no ha sido diluido con blanco ni mezclado con otros colores. Los colores saturados se pueden crear empleando lámparas que emiten solo un rango estrecho de radiación óptica (como con algunos LED), o empleando filtros sustractivos (como con filtros dicroicos).*

Iluminante *Fuente real o teórica de radiación óptica, incluidos espectros de lámparas comerciales y modelos matemáticos. Por ejemplo, CIE D65 es un modelo matemático, representativo de la luz del sol y el cielo, cuyo espectro no se reproduce fácilmente con una fuente de luz comercial.*

6.1.3.5 FLUORESCENCIA

La fluorescencia puede ser responsable del color del objeto de una manera complicada al absorber la radiación óptica y volver a emitirla en longitudes de onda más largas. Ver 1.4.5.1 Fotoluminiscencia:
Fluorescencia. Los fósforos de las lámparas fluorescentes absorben la radiación óptica UV y la vuelven a emitir

como radiación óptica visible. Agentes blanqueadores fluorescentes o agentes abrillantadores ópticos, que funcionan de esta manera se utilizan para blanquear papel y textiles. Absorben radiación UV óptica y la reemiten como radiación visible de longitud de onda corta. Agentes colorantes fluorescentes absorben la radiación óptica dentro del rango visible y reemitir la radiación óptica a longitudes de onda más largas y visibles; caracterizar tales superficies es complejo porque tienen una distribución diferente espectral reflejada bajo diferentes fuentes de luz. [1] [2] [3]

6.1.4. COLOR PRÁCTICO

El color percibido en un objeto resulta de la radiación óptica producida por una fuente, modificado por el objeto debido a la reflexión, transmisión, dispersión o fluorescencia, y finalmente entrando en los ojos. La Figura 6.5 proporciona un ejemplo esquemático de esta interacción fuente/objeto.

En la columna más a la izquierda están los SPD para tres iluminantes comunes. La columna del centro contiene el SRD inherente para una manzana Red Delicious. La columna más a la derecha contiene el espectro que sería reflejado por la manzana bajo cada una de las tres fuentes de luz.

Una manzana Red Delicious parece roja porque refleja predominantemente radiación óptica roja mientras absorbe otras longitudes de onda. Pero sólo aparecerá rojo si está iluminado por una fuente que emite radiación óptica en la región de longitud de onda larga (roja) del espectro. En este ejemplo, la manzana tendrá una apariencia de color rojo intenso bajo ambas luces ópticas incandescentes y la luz del día. Pero bajo alta presión de sodio, que emite proporcionalmente menos radiación óptica de longitud de onda larga, la manzana cambiará en apariencia de color y será vista en un tono menos saturado. Menos saturado significa que el color cambia hacia un gris neutro, que en este caso sería un cambio hacia un marrón rojizo.

FIGURA 6.2 | SPD

Gráficos de distribución de potencia espectral (SPD) para varias fuentes de luces comunes que muestran la potencia radiante relativa en función de la longitud de onda.

» Azul: CIE D65, modelo de “luz diurna media” a 6504 K
» Rojo: Incandescente
» Oro: sodio de alta presión

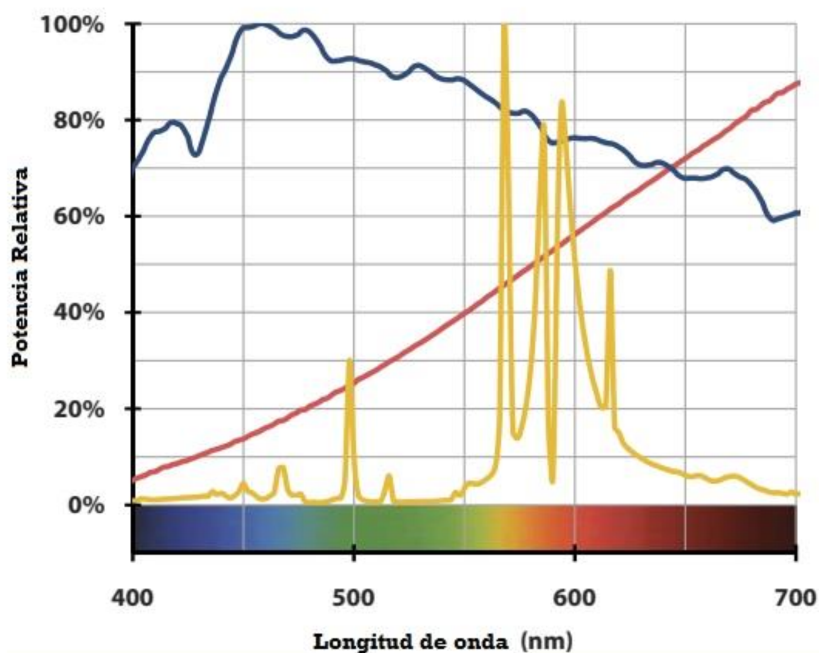


Figura 6.3 | SRD Gráficas de distribución de reflectancia espectral (SRD) para varias frutas comunes que muestran la reflectancia en función de la longitud de onda.
» Naranja: naranja
» Oro: limón
» Verde claro: manzana Granny Smith
» Rojo: manzana Red Delicious
» Verde oscuro: lima

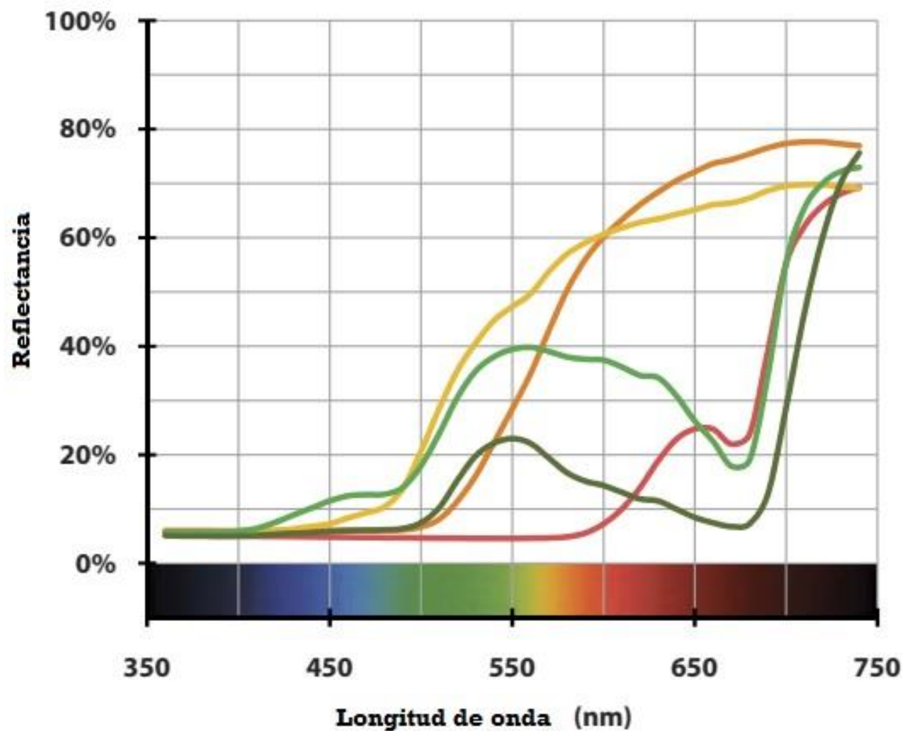
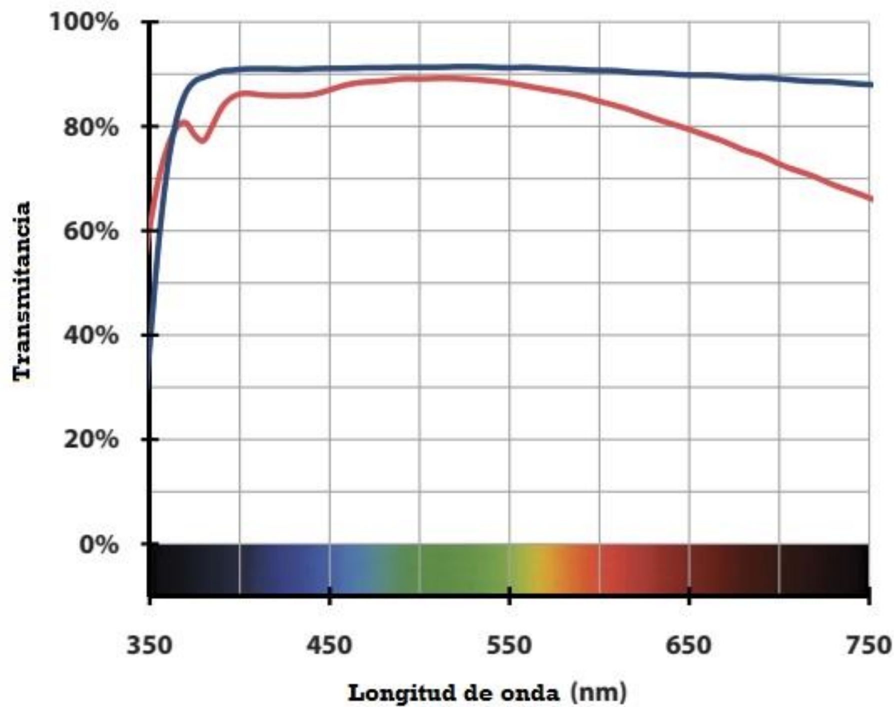


FIGURA 6.4 | STD Gráficos de distribución de transmitancia espectral (STD) para dos tipos de vidrio arquitectónico transparente de 19 mm (3/4 pulg.) que muestran la transmitancia en función de la longitud de onda.
» Azul: Alta transmitancia
» Rojo: Transmitancia estándar



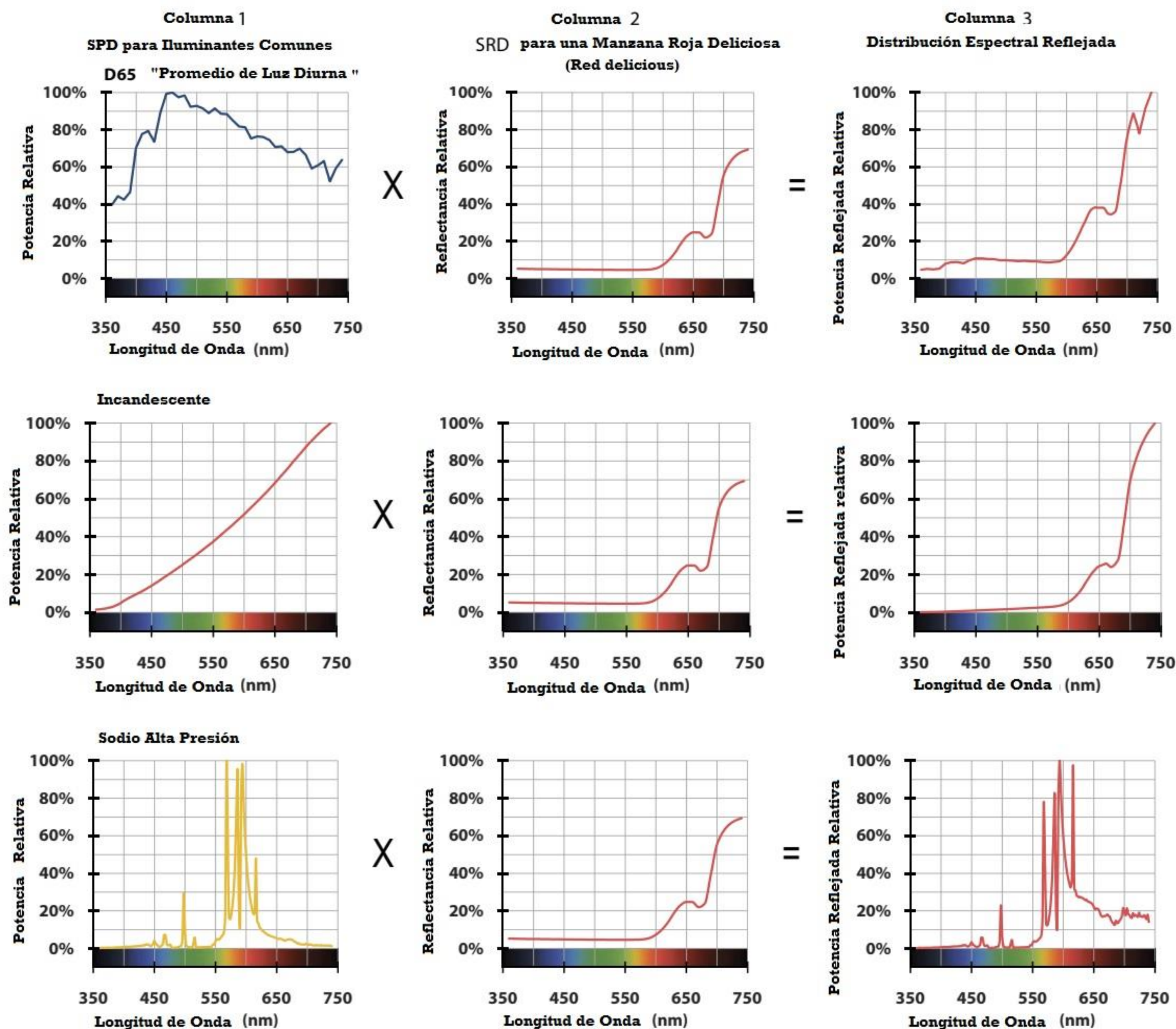


FIGURA 6.5 | INTERACCIÓN DE FUENTE DE LUZ/OBJETO Cuando un objeto se ve bajo varias fuentes de luz, tanto el objeto como la luz contribuyen a la apariencia del color. Los objetos carecen de color inherente y, en cambio, reflejan varias longitudes de onda de luz en diferentes proporciones. La columna 1 muestra las distribuciones de potencia espectral (SPD) para tres iluminantes comunes. La columna 2 muestra las distribuciones de reflectancia espectral (SRD) para una manzana Red Delicious, que representan las cantidades relativas de diferentes longitudes de onda de radiación óptica reflejada. La columna 3 ilustra el espectro que se reflejaría en la manzana para cada fuente y representa lo que entraría en los ojos. El espectro reflejado es diferente bajo los diferentes iluminantes, lo que significa que el estímulo visual es diferente e implica que la manzana tendrá una apariencia de color diferente bajo los diferentes iluminantes.

6.1.4.1 MEZCLA DE COLORES ADITIVA Y SUSTRACTIVA La mezcla de colores aditiva es el proceso mediante el cual se integran o agregan diferentes longitudes de onda y la radiación óptica resultante contiene más potencia. Si se integran dos haces de radiación óptica de longitud de onda larga (rojo) y de longitud de onda media (verde), la mezcla se percibe como amarilla. Si se integran haces de radiación óptica de longitud de onda larga (rojo), medio (verde) y de longitud de onda corta (azul) en las proporciones adecuadas, la percepción de la mezcla será blanca. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 6.6.

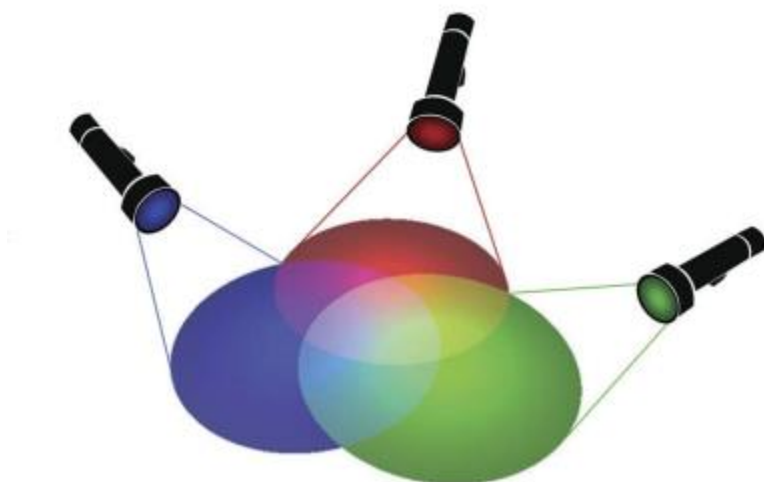


FIGURA 6.6 | MEZCLA DE COLORES ADITIVOS Los colores primarios que se muestran son rojo, verde y azul. Los colores secundarios creados donde se superponen dos haces primarios son amarillo, magenta y cian. La luz blanca se crea en el centro donde los tres haces se superponen o "se suman".

La mezcla sustractiva de colores es el proceso mediante el cual se absorben o sustraen diferentes longitudes de onda y la radiación óptica resultante contiene menos potencia. El color se percibe en un objeto cuando se absorben ciertas longitudes de onda de la radiación óptica incidente y se reflejan otras. La radiación reflejada hacia los ojos de un observador ya no contiene las longitudes de onda que fueron absorbidas. Los pigmentos, que son la base de la mezcla sustractiva de colores, son sustancias químicas que absorben y reflejan selectivamente diferentes longitudes de onda de la radiación óptica. La mezcla sustractiva también puede ocurrir con filtros, ya que están diseñados para absorber ciertos colores dentro del espectro mientras transmiten otros. Ver 1.5.1.2 Transmisión. La mezcla sustractiva de colores se muestra en la Figura 6.7. Toda la radiación óptica reflejada y transmitida sufre una cierta cantidad de mezcla sustractiva de colores.

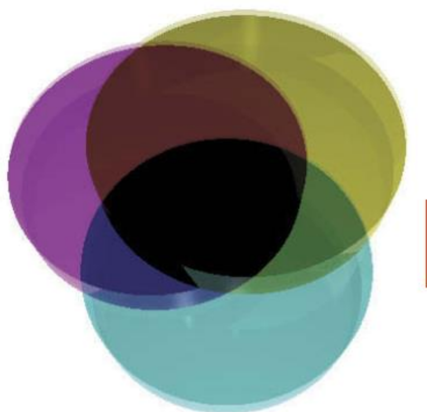


FIGURA 6.7 | MEZCLA SUSTRACTIVA DE COLORES Se muestra la mezcla sustractiva de colores utilizando un filtro de vidrio cian, magenta y amarillo. Los colores secundarios que se muestran donde se

superponen dos filtros son azul, rojo y verde. La sustracción completa del color se produce cuando todos los filtros se superponen, lo que produce negro, porque los tres filtros juntos se bloquean o “Sustraen” toda la radiación óptica visible.

6.1.5 PERCEPCIÓN HUMANA DEL COLOR El color no es una propiedad intrínseca de la radiación óptica o de los objetos: es un fenómeno de percepción que forma parte de la experiencia visual. Ni la radiación óptica ni los objetos se colorean de la forma en que se experimentan. Aunque quizás sea conveniente pensar que un limón se ve amarillo porque es amarillo, esto es fundamentalmente incorrecto. También es común asignar diferentes colores a diferentes longitudes de onda de radiación óptica, pero las longitudes de onda en sí son incoloras. La conversión de energía radiante en percepciones de color es extremadamente compleja y la comprensión actual es incompleta. Pero son muchas las herramientas, derivadas de lo conocido, a disposición de los profesionales del diseño. Estos incluyen métricas para cuantificar el color de la fuente de luz, la diferencia de color, la representación de objetos iluminados y métricas para predecir cómo el sistema visual humano percibirá el color, incluso en entornos complejos. Estas herramientas impulsadas por aplicaciones se basan en modelos de la visión humana del color.

6.1.5.1 FOTORRECEPTORES La percepción del color comienza con los fotorreceptores de la retina. Consulte 2.1.3 Fotorreceptores, capas neuronales y procesamiento de señales y 2.5 Vision del Color. La Figura 2.4 muestra la superposición entre las sensibilidades espectrales de los tres tipos de conos, especialmente entre los conos L y M. Estas superposiciones implican que el sistema visual no trata todas las longitudes de onda por igual. Este muestreo desigual es importante porque permite que los humanos tengan una discriminación de color fina. En muchas regiones de la retina, los fotorreceptores individuales juntan sus señales para formar campos receptivos. Ver 2.3.4 Campos Receptivos. En todos los casos, las señales se envían a través del nervio óptico al cerebro. El cerebro es el asiento de la visión; es donde se interpretan las señales, se crea el color y se realiza la visión.

6.1.5.2 METAMERISMO Cuando se combinan dos (o más) longitudes de onda, es imposible para un observador identificar las longitudes de onda, o incluso saber que el estímulo contiene diferentes longitudes de onda. La implicación es que dos iluminantes diferentes pueden parecer idénticos aunque tengan diferentes SPD. El fenómeno en el que los estímulos de radiación óptica que son espectralmente diferentes parecen idénticos a un observador dado se conoce como metamerismo. El metamerismo es el concepto más importante en la ciencia del color, ya que permite que muchas tecnologías que se basan en la reproducción del color tengan éxito utilizando solo tres o cuatro colores primarios para representar todos los colores. Algunos ejemplos son las pantallas de computadora, la televisión, la impresión, la fotografía, las lámparas fluorescentes trifósforo y los LED RGB. La combinación de materiales que utilizan diferentes colorantes también se basa en el metamerismo, como la combinación del panel de plástico del guardabarros de un automóvil con el panel de la puerta pintada.

Fotorreceptores retinales Una terminación nerviosa o célula especializada para detectar la radiación óptica.

Discriminación de color La percepción de las diferencias entre dos o más colores.

Campo Receptivo Una región alrededor de una neurona, que cuando se actúa con una cantidad suficiente de energía de longitud de onda apropiada, causará que la neurona se active.

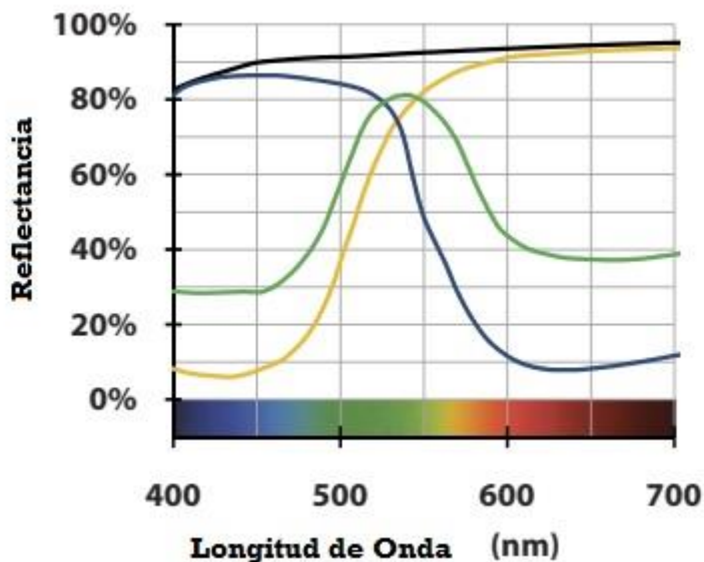


FIGURA 6.8 | TINTES DE PAPEL Ilustración de la mezcla sustractiva de colores. Los fabricantes de papel utilizan una combinación de tintes amarillos y azules para reducir la reflectancia en las partes azul y roja del espectro visible, lo que da como resultado una reflectancia máxima en las longitudes de onda verdes. Negro: papel blanco sin tinte. Amarillo: papel con tinte amarillo solamente. Azul: papel con tinte azul únicamente. Verde: papel con algunos tintes azules y otros amarillos. Adaptado de [3].

COLORIMETRÍA
La ciencia de medir el color, según lo rige la Comisión Internacional de I'Eclairage (CIE).

FUNCIONES DE COINCIDENCIA DE COLOR (CMF) Los valores triestímulo por unidad de intervalo de longitud de onda y unidad de flujo radiante espectral. También conocido como valores de triestímulo espectrales. Las funciones de combinación de colores vienen en conjuntos de tres, donde un conjunto también se conoce como "observador estándar".

6.1.5.3 TRICROMACIA

La tricromacia es la característica de la visión por la cual los estímulos complejos pueden reducirse a tres señales visuales. Se cree que cuando dos estímulos producen las mismas señales de cono, coincidirán en color. En colorimetría aplicada, las funciones de sensibilidad del cono no se utilizan directamente para caracterizar una coincidencia visual. Más bien, el procesamiento simultáneo de los tres canales visuales se cuantifica utilizando funciones de coincidencia de color (CMF).

6.1.5.4 FUNCIONES DE COINCIDENCIA DE COLOR RGB

Aunque la mayoría de los profesionales del diseño no aplicarán CMF directamente, es útil tener una comprensión básica de su derivación y cómo conducen a las herramientas prácticas de análisis y especificación de color.

Una descripción esquemática de los procesos para encontrar funciones de coincidencia de color es la siguiente. Un disco luminoso se divide en dos semicírculos, un campo de prueba y un campo de referencia, y se observa dentro de una habitación a oscuras, como se ilustra en la Figura 6.9. Los campos de prueba y de referencia pueden iluminarse por separado con radiación óptica monocromática de diferentes partes del espectro, como rojo (R), verde (G) y azul (B). Estos forman un conjunto primario RGB y son fijos para cualquier experimento dado. Por ejemplo, los primarios R, G y B pueden tener longitudes de onda de 700, 546 y 436 nm, respectivamente. Con el campo de referencia iluminado con una radiación monocromática distinta de una de las primarias, un observador ajusta por separado las primarias R, G y B en el campo de prueba, intentando hacer coincidir visualmente el campo de referencia. Cuando se igualaron con éxito, las cantidades de

radiación óptica R, G y B en el campo de prueba se sumaron para producir un color que es un metámero del campo de referencia.

Para algunas longitudes de onda en el campo de referencia, el observador no podrá producir una coincidencia. En tales casos, uno de los primarios se mueve al campo de referencia. Matemáticamente, agregar un primario al campo de referencia es equivalente a restarlo del campo de prueba. Este fenómeno, que la combinación de colores sigue las leyes de la suma algebraica, se conoce como Ley de Aditividad de Grassmann. Este emparejamiento se lleva a cabo para cada una de las muchas radiaciones monocromáticas a través del espectro visible. En cada coincidencia, el sujeto habrá ajustado los primarios para crear un metámero para la longitud de onda de referencia en el campo de referencia.

Diecisiete observadores han realizado experimentos de comparación metamérica como este y proporcionan datos que ahora son estándar [4] [5]. Las cantidades de cada primario requeridas para producir una coincidencia para cada color monocromático definen los CMF rojos, verdes y azules, conocidos como r(λ), g(λ) y b (λ), como se muestra con líneas continuas en la Figura 6.10. Las funciones r (λ), g(λ) y b(λ) definen los valores triestímulo del espectro para este conjunto particular de primarios y definen las cantidades relativas de cada componente primario que se requieren para igualar un estímulo dado. La barra sobre cada variable implica un promedio porque los datos de la figura 6.10 se basan en el promedio de las coincidencias de color realizadas por los observadores. Las letras mayúsculas R, G y B se utilizan para indicar los valores de triestímulo para este conjunto de CMF. Tenga en cuenta que r (λ), g (λ) yb (λ) tienen componentes negativos y positivos; el negativo es más evidente en la función r (λ).



FIGURA 6.9 | CAMPO VISUAL BIPARTITO

Un esquema de un campo visual circular bisecado horizontalmente como se usa en experimentos de visión para derivar CMF. El color en el campo de prueba es ajustable. El color en el campo de referencia puede ser ajustable. El campo proximal es fijo.

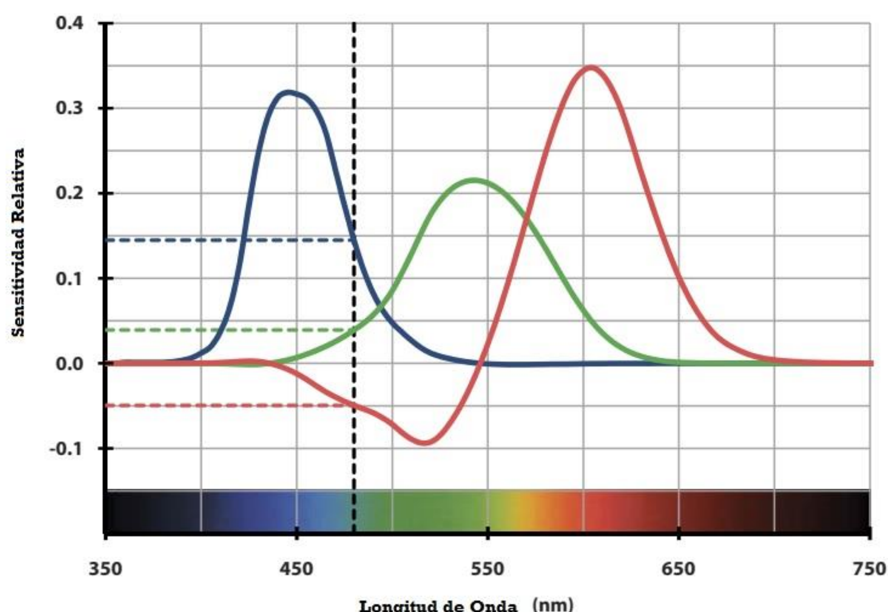


FIGURA 6.10 | RGB CMF
Estas funciones de coincidencia de color (CMF) se basan en datos de 17 observadores y para un conjunto primario compuesto por luces espectrales de 700,546 y 436 nm. La intersección de la línea vertical discontinua a 480 nm y cada uno de los CMF define los tres valores de triestímulo necesarios para coincidir con una luz de referencia de 480 nm.

Los valores de triestímulo definen las cantidades relativas de cada componente primario que se requieren para igualar un estímulo, como se ilustra con las líneas discontinuas en la Figura 6.10. La línea discontinua vertical a 480 nm define la longitud de onda del estímulo del campo de referencia. Se logra una coincidencia visual cuando: el primario rojo se agrega al campo de referencia (porque tiene un valor negativo) y los primarios verde y azul están en el campo de prueba (porque son positivos). Las cantidades relativas de los primarios R, G y B necesarios para hacer esta coincidencia se indican con las líneas horizontales discontinuas que se extienden y corresponden a los valores en el eje vertical. Los valores de triestímulo necesarios para esta coincidencia son R = -0,049, G = 0,039 y B = 0,145. Es decir, el campo de referencia monocromático de 480 nm es metaméricamente igual a: $-0{,}049r(\lambda) + 0{,}039g(\lambda) + 0{,}145b(\lambda)$.

6.1.5.5 FUNCIONES DE COINCIDENCIA DE COLOR XYZ
Una dificultad práctica con el sistema RGB es que los CMF tienen valores positivos y negativos que complican la medición; un instrumento diseñado para ejemplificar los CMF RGB necesitaría responder negativamente a la radiación óptica en algunas longitudes de onda. Esta dificultad se superó transformando matemáticamente los RGB CMF en un nuevo sistema de CMF sin valores negativos. Al mismo tiempo, se crearon las nuevas funciones de manera que el CMF central corresponde exactamente a la función $V(\lambda)$ (Ver 5.4.2 Eficiencia luminosa fotópica). El nuevo conjunto de CMF transformados no representa la psicofísica subyacente de la combinación de colores humanos. Son una forma numéricamente fiable de cuantificar el metamerismo, pero se basan en un conjunto imaginario de primarios.
Los CMF transformados se denotan como $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ y $z(\lambda)$, y los valores de triestímulo se denotan como X, Y y Z. Además, hay dos conjuntos, ambos ilustrados en Figura 6.11, que traza a los observadores estándar CIE 2° de 1931 y 10° CIE de 1964. Los datos se muestran en las Tablas 6.4a y 6.4b. Los diferentes conjuntos de datos resultan de los diferentes tamaños de campo en los experimentos. Visto desde una distancia de aproximadamente de la longitud del brazo, un campo de 2° es aproximadamente del tamaño de una moneda de 25 centavos de dólar estadounidense, y un campo de 10° es aproximadamente del tamaño de un platillo de té pequeño. La CIE recomienda el uso del Observador Estándar de 1931 cuando el subtendido angular del campo de visión está entre 1 y 4°. El observador estándar CIE 1964 está diseñado para usarse cuando el ángulo subtendido es superior a 4°. Los CMF se han desarrollado para tamaños de campo que se

aproximan a la visualización de campo completo, y se concluye que los CMF continúan cambiando con tamaños de campo superiores a 10° [6].

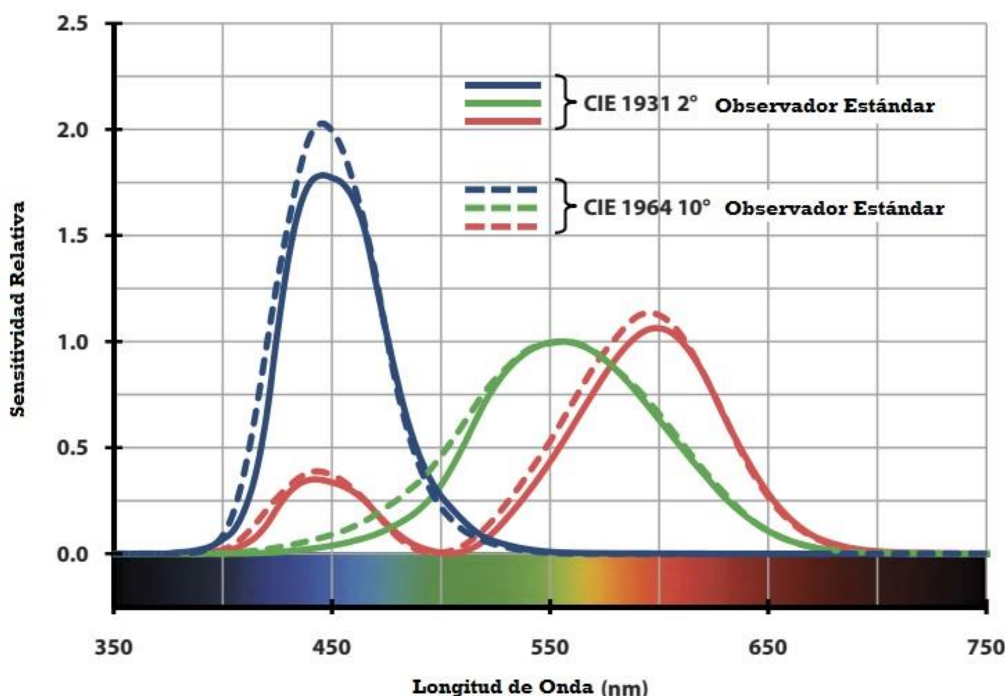


FIGURA 6.11 | XYZ 2° Y 10° CMF Los conjuntos más comunes de funciones de coincidencia de color, las de los observadores estándar CIE 1931 2° y CIE 1964 10°. Consulte las Tablas 6.4a y 6.4b para ver los datos tabulados.

6.1.5.6 CÁLCULO DE VALORES DE TRIESTÍMULO

Los observadores estándar, que se aproximan a la respuesta promedio de los observadores humanos, se utilizan para reducir estímulos complejos, como SPD, SRD y STD, en tres valores de triestímulo. Los valores de triestímulo se calculan multiplicando el espectro del estímulo por cada uno de los CMF, longitud de onda por longitud de onda, y luego sumando los resultados. La figura 6.12 proporciona una ilustración gráfica de esta operación numérica. El gráfico más a la izquierda en la figura 6.12 es idéntico al gráfico superior derecho de la figura 6.5; representa el espectro reflejado de una manzana Red Delicious iluminada por la luz del día. Cuando esta radiación óptica reflejada golpea la retina, se muestrea selectivamente de una manera que se puede caracterizar con los tres CMF, como se representa en la columna central de la Figura 6.12. Los valores de triestímulo (X, Y y Z) están representados por las áreas bajo la curva en la columna más a la derecha de la Figura 6.14. Los números insertados en estos gráficos más a la derecha son los valores de triestímulo calculados. Si dos estímulos tienen valores triestímulo idénticos, entonces los estímulos son metámeros. Los diferentes espectros reflejados que se muestran en la última columna de la figura 6.5 pueden sugerir percepciones de color muy diferentes para la manzana roja, siendo las formas de los espectros reflejados bastante diferentes. Pero la manzana roja no se verá significativamente diferente bajo cada fuente porque la información de longitud de onda individual no se retiene, el resultado perceptible es un tono de rojo sutilmente diferente bajo cada fuente.

6.1.5.7 CANALES OPONENTES Y LUMINANCIA

Las órdenes superiores de procesamiento visual no pueden explicarse por completo con la tricromacia. La Figura 2.4 ilustra que los conos L, M y S tienen diferentes sensibilidades espectrales. Además, tienen diferentes distribuciones a lo largo de la retina y son desiguales en número, lo que conduce a campos receptivos con diferentes propiedades. Ha resultado útil organizar los campos receptivos en tres clases, denominadas canales oponentes de luminancia, rojo-verde y amarillo-azul. Ver 2.5.1 Oposición del campo receptivo cromático. La respuesta espectral de las señales oponentes se representa en la figura 6.13. Todas las unidades fotométricas y toda la fotometría aplicada se basan únicamente en el canal de luminancia.

La luminancia no incluye las contribuciones de los canales oponentes rojo-verde y azul-amarillo, pero sí la percepción del brillo. La implicación es que la luminancia puede no siempre correlacionarse con la percepción del brillo, un hecho que no se caracteriza con las cantidades fotométricas convencionales como el lumen y la candela. Sin embargo, la luminancia ha demostrado ser muy útil a pesar de sus limitaciones.

Tabla 6.4a / CIE 1931 2° Observador Estándar

Longitud de Onda (nm)	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	Longitud de Onda (nm)	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0.0014	0.0000	0.0065	585	0.9786	0.8163	0.0014
385	0.0022	0.0001	0.0106	590	1.0263	0.7570	0.0011
390	0.0042	0.0001	0.0201	595	1.0567	0.6949	0.0010
395	0.0077	0.0002	0.0362	600	1.0622	0.6310	0.0008
400	0.0143	0.0004	0.0679	605	1.0456	0.5668	0.0006
405	0.0232	0.0006	0.1102	610	1.0026	0.5030	0.0003
410	0.0435	0.0012	0.2074	615	0.9384	0.4412	0.0002
415	0.0776	0.0022	0.3713	620	0.8545	0.3810	0.0002
420	0.1344	0.0040	0.6456	625	0.7514	0.3210	0.0001
425	0.2148	0.0073	1.0391	630	0.6424	0.2650	0.0001
430	0.2839	0.0116	1.3856	635	0.5419	0.2170	0.0000
435	0.3285	0.0168	1.6230	640	0.4479	0.1750	0.0000
440	0.3483	0.0230	1.7471	645	0.3608	0.1382	0.0000
445	0.3481	0.0298	1.7826	650	0.2835	0.1070	0.0000
450	0.3362	0.0380	1.7721	655	0.2187	0.0816	0.0000
455	0.3187	0.0480	1.7441	660	0.1649	0.0610	0.0000
460	0.2908	0.0600	1.6692	665	0.1212	0.0446	0.0000
465	0.2511	0.0739	1.5281	670	0.0874	0.0320	0.0000
470	0.1954	0.0910	1.2876	675	0.0636	0.0232	0.0000
475	0.1421	0.1126	1.0419	680	0.0468	0.0170	0.0000
480	0.0956	0.1390	0.8130	685	0.0329	0.0119	0.0000
485	0.0580	0.1693	0.6162	690	0.0227	0.0082	0.0000
490	0.0320	0.2080	0.4652	695	0.0158	0.0057	0.0000
495	0.0147	0.2586	0.3533	700	0.0114	0.0041	0.0000
500	0.0049	0.3230	0.2720	705	0.0081	0.0029	0.0000
505	0.0024	0.4073	0.2123	710	0.0058	0.0021	0.0000
510	0.0093	0.5030	0.1582	715	0.0041	0.0015	0.0000
515	0.0291	0.6082	0.1117	720	0.0029	0.0010	0.0000
520	0.0633	0.7100	0.0783	725	0.0020	0.0007	0.0000
525	0.1096	0.7932	0.0573	730	0.0014	0.0005	0.0000
530	0.1655	0.8620	0.0422	735	0.0010	0.0004	0.0000
535	0.2258	0.9149	0.0298	740	0.0007	0.0002	0.0000
540	0.2904	0.9540	0.0203	745	0.0005	0.0002	0.0000
545	0.3597	0.9803	0.0134	750	0.0003	0.0001	0.0000
550	0.4335	0.9950	0.0088	755	0.0002	0.0001	0.0000
555	0.5121	1.0000	0.0058	760	0.0002	0.0001	0.0000
560	0.5945	0.9950	0.0039	765	0.0001	0.0000	0.0000
565	0.6784	0.9786	0.0028	770	0.0001	0.0000	0.0000
570	0.7621	0.9520	0.0021	775	0.0001	0.0000	0.0000
575	0.8425	0.9154	0.0018	780	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 6.4b / CIE 1964 10° Observador Estándar

Longitud de Onda (nm)	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$	Longitud de Onda (nm)	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
380	0.0002	0.0000	0.0007	585	1.0743	0.8256	0.0000
385	0.0007	0.0001	0.0029	590	1.1185	0.7774	0.0000
390	0.0024	0.0003	0.0105	595	1.1343	0.7204	0.0000
395	0.0072	0.0008	0.0323	600	1.1240	0.6583	0.0000
400	0.0191	0.0020	0.0860	605	1.0891	0.5939	0.0000
405	0.0434	0.0045	0.1971	610	1.0305	0.5280	0.0000
410	0.0847	0.0088	0.3894	615	0.9507	0.4618	0.0000
415	0.1406	0.0145	0.6568	620	0.8563	0.3981	0.0000
420	0.2045	0.0214	0.9725	625	0.7549	0.3396	0.0000
425	0.2647	0.0295	1.2825	630	0.6475	0.2835	0.0000
430	0.3147	0.0387	1.5535	635	0.5351	0.2283	0.0000
435	0.3577	0.0496	1.7985	640	0.4316	0.1798	0.0000
440	0.3837	0.0621	1.9673	645	0.3437	0.1402	0.0000
445	0.3867	0.0747	2.0273	650	0.2683	0.1076	0.0000
450	0.3707	0.0895	1.9948	655	0.2043	0.0812	0.0000
455	0.3430	0.1063	1.9007	660	0.1526	0.0603	0.0000
460	0.3023	0.1282	1.7454	665	0.1122	0.0441	0.0000
465	0.2541	0.1528	1.5549	670	0.0813	0.0318	0.0000
470	0.1956	0.1852	1.3176	675	0.0579	0.0226	0.0000
475	0.1323	0.2199	1.0302	680	0.0409	0.0159	0.0000
480	0.0805	0.2536	0.7721	685	0.0286	0.0111	0.0000
485	0.0411	0.2977	0.5701	690	0.0199	0.0077	0.0000
490	0.0162	0.3391	0.4153	695	0.0138	0.0054	0.0000
495	0.0051	0.3954	0.3024	700	0.0096	0.0037	0.0000
500	0.0038	0.4608	0.2185	705	0.0066	0.0026	0.0000
505	0.0154	0.5314	0.1592	710	0.0046	0.0018	0.0000
510	0.0375	0.6067	0.1120	715	0.0031	0.0012	0.0000
515	0.0714	0.6857	0.0822	720	0.0022	0.0008	0.0000
520	0.1177	0.7618	0.0607	725	0.0015	0.0006	0.0000
525	0.1730	0.8233	0.0431	730	0.0010	0.0004	0.0000
530	0.2365	0.8752	0.0305	735	0.0007	0.0003	0.0000
535	0.3042	0.9238	0.0206	740	0.0005	0.0002	0.0000
540	0.3768	0.9620	0.0137	745	0.0004	0.0001	0.0000
545	0.4516	0.9822	0.0079	750	0.0003	0.0001	0.0000
550	0.5298	0.9918	0.0040	755	0.0002	0.0001	0.0000
555	0.6161	0.9991	0.0011	760	0.0001	0.0001	0.0000
560	0.7052	0.9973	0.0000	765	0.0001	0.0000	0.0000
565	0.7938	0.9824	0.0000	770	0.0001	0.0000	0.0000
570	0.8787	0.9556	0.0000	775	0.0000	0.0000	0.0000
575	0.9512	0.9152	0.0000	780	0.0000	0.0000	0.0000
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

6.2 ESPECIFICACIÓN DE COLOR: SISTEMA CIE

El sistema de especificación de color CIE se emplea para prácticamente todas las medidas colorimétricas relacionadas con las fuentes de luz, incluida la especificación de CCT, CRI y tolerancias de color [7].

Columna 1

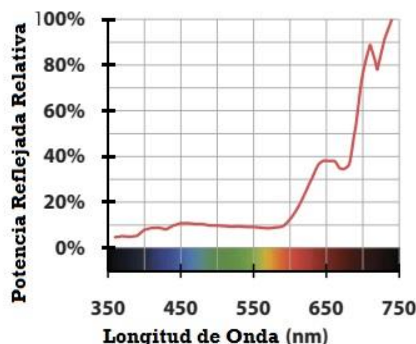
Energía reflejada de una manzana Red Delicious cuando se ilumina con la luz del día a 6500K

Columna 2

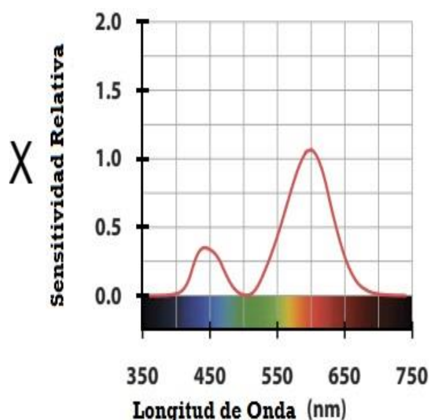
La respuesta de tres canales del sistema visual humano caracterizada con funciones de combinación de colores.

Columna 3

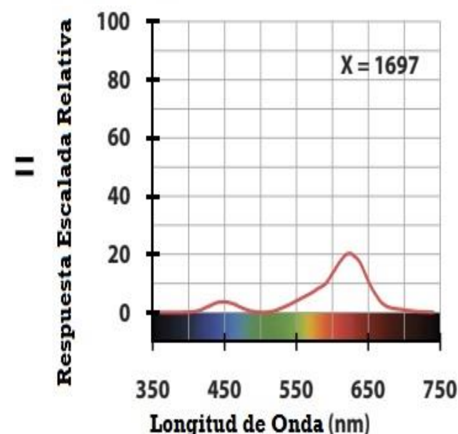
Representación de la interacción entre el espectro reflejado y la respuesta del sistema visual



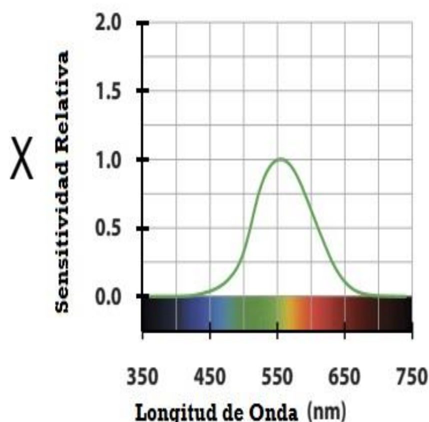
X



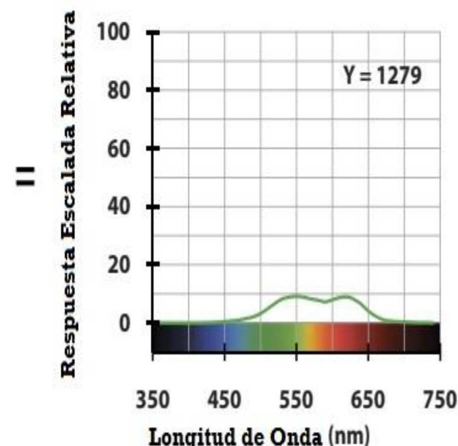
=



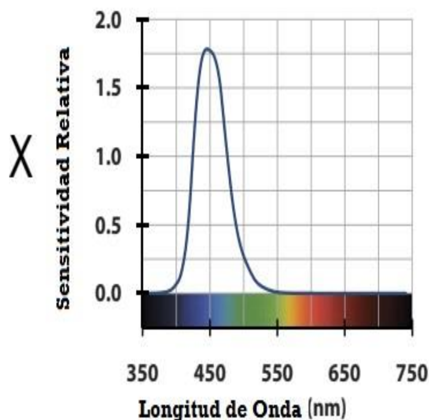
X



=



X



=

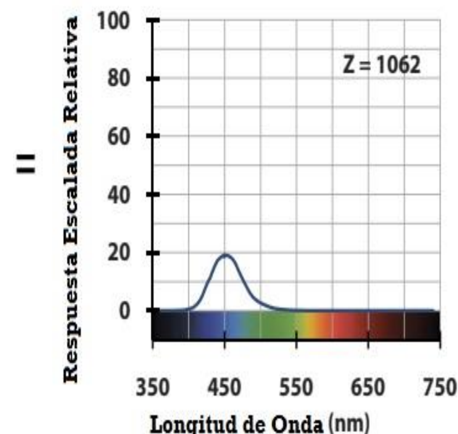


FIGURA 6.12 | DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL REFLEJADA A VALORES TRIESTÍMULO

Una representación esquemática de lo que sucede cuando la luz entra en los ojos. La figura de la Columna 1 representa la luz reflejada por una manzana Red Delicious cuando se ilumina con luz diurna a 6500 K, como se mostró anteriormente en la Figura 6.5. La columna 2 representa los CMF de 2 ° CIE 1931 como se indica anteriormente en la Figura 6.13. La columna 3 representa la interacción entre el estímulo espectral que inicia la visión cuando entra en los ojos (columna 1) y un representante imaginario de las respuestas espectrales de tres canales del sistema ojo-cerebro (columna 2). Es importante destacar que la información sobre las longitudes de onda individuales se descarta en el proceso de simplificación del estímulo en tres cantidades, lo que se cree que refleja cómo funciona el sistema visual. Las cantidades representadas por las tres "áreas bajo las curvas" en la Columna 3 se conocen como valores triestímulo.

6.2.1 DIAGRAMAS DE CROMATICIDAD

Un diagrama de cromaticidad CIE es una representación cuantitativa bidimensional de lugares donde dos estímulos serán metámeros. Los estímulos con los mismos valores de triestímulo tienen las mismas coordenadas de cromaticidad y se trazan en el mismo punto del diagrama. Las coordenadas de cromaticidad son la fracción de los valores triestímulo X, Y o Z del estímulo, dividida por su suma. Eso es:

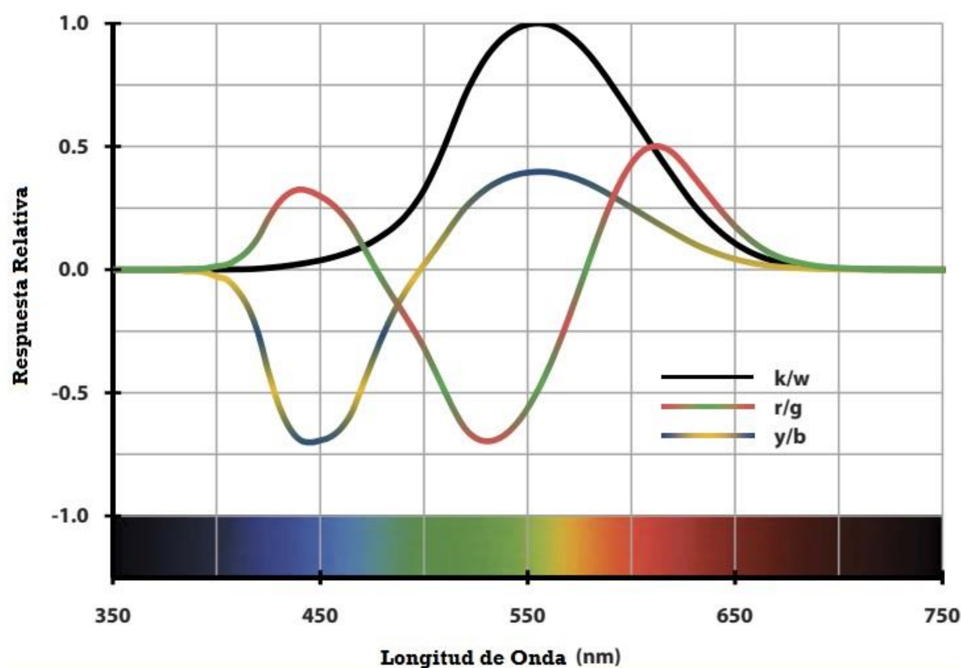


FIGURA 6.13 | SEÑALES OPONENTES

La línea negra etiquetada como k/w representa el canal de luminancia del sistema visual humano; es equivalente a V(λ) y es la base de la fotometría. Los otros canales oponentes, r/g e y/b contribuyen a las percepciones de color y brillo, pero no a las cantidades fotométricas como el lumen y el lux. Los lóbulos negativos en r/g e y/b indican que las percepciones de brillo y color tienen componentes subaditivos, mientras que el canal de luminancia, k/w, es completamente aditivo.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

Dónde:
x, y, z = Coordenadas de cromaticidad, que no tienen unidad, cada una con un valor entre 0 y 1,0
X, Y, Z = Valores de triestímulo, que no tienen unidad, cada uno con un valor entre 0 e infinito
Tenga en cuenta que x + y + z = 1 y la especificación de cualquiera de los dos fija el tercero. Por convención, la cromaticidad se expresa en términos de x e y.

La figura 6.14 ilustra el diagrama de cromaticidad para el observador estándar CIE 1931 2°, que es el diagrama que se usa más comúnmente para la especificación colorimétrica. Los diagramas de cromaticidad se utilizan para determinar la temperatura de color correlacionada (CCT), el índice de reproducción cromática (CRI) y algunas medidas de diferencia de color. Un diagrama de cromaticidad a veces se interpreta incorrectamente como un mapa de color bidimensional, y los diagramas de cromaticidad a menudo se presentan con una matriz continua de colores, como si fueran diagramas de color, en lugar de diagramas de cromaticidad. Debe entenderse que cuando se muestran los colores, como en la Figura 6.14, son sólo para orientación. Dado que las coordenadas de cromaticidad son valores triestímulo normalizados, cambiar sólo la potencia radiante relativa de una fuente no cambia sus coordenadas de cromaticidad aunque la percepción del color pueda cambiar. Los diagramas de cromaticidad no tienen en cuenta la dimensión brillante-tenue de la percepción del color; dan cuenta del tono y la saturación, pero no de la luminosidad. Esto se ilustra esquemáticamente en la figura 6.15.

Diagrama de cromaticidad *Diagrama bidimensional formado al trazar una de las tres coordenadas de cromaticidad contra otra.*

Temperatura de color correlacionada (CCT) *La temperatura en unidades de kelvin de un cuerpo negro cuya cromaticidad se asemeja más a la de la fuente de luz en cuestión.*

Índice de reproducción cromática (CRI) *Una medida del grado de cambio de color que experimenta un conjunto de muestras de color de prueba cuando se iluminan con la fuente de luz en cuestión, en comparación con esas mismas muestras de color de prueba cuando se iluminan con un iluminante de referencia de color de temperatura comparable.*

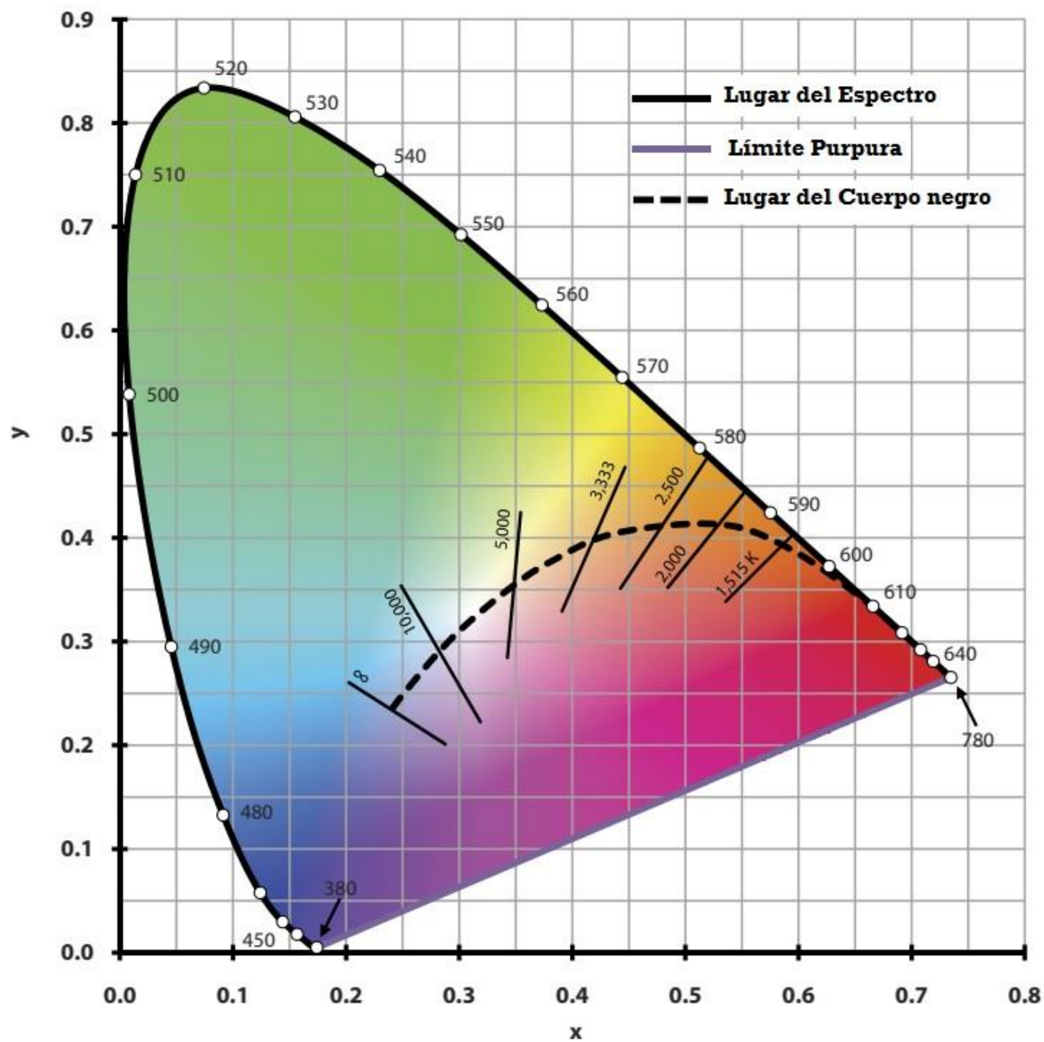


FIGURA 6.14 | DIAGRAMA DE CROMATICIDAD x, y El diagrama de cromaticidad CIE 1931 2° que muestra la ubicación del lugar geométrico del espectro, el límite púrpura y el lugar geométrico del cuerpo negro. Se muestran varias líneas de CCT constante que se cruzan con el lugar geométrico del cuerpo negro.

MONOCROMÁTICO

En el uso coloquial, monocromático significa tener la apariencia de un sólo color. En su uso más técnico, empleado aquí, la radiación óptica monocromática se compone de una sola longitud de onda.

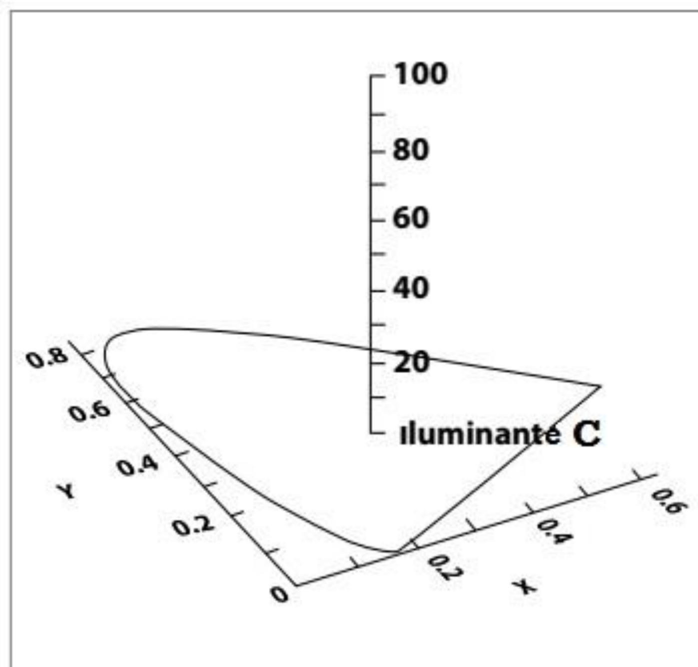


FIGURA 6.15 | EXTENSIÓN CONCEPTUAL DEL DIAGRAMA DE CROMATICIDAD PARA LA LUMINOSIDAD

Se puede considerar que los colores más claros están directamente encima de los puntos que representan su cromaticidad, a una altura que representa su luminosidad.

Las coordenadas de cromaticidad se pueden determinar para los SPD de las lámparas, los SRD de los objetos, los STD de los materiales transmisivos y los "colores prácticos" que representan espectralmente las interacciones entre la fuente de luz y el objeto. Hay estándares disponibles que cubren estos cálculos y para el manejo de casos especiales [8]. La curva en forma de herradura de la figura 6.14 se denomina lugar geométrico del espectro y comprende las coordenadas de cromaticidad para la radiación óptica monocromática de 360 a 830 nm. La línea que une los extremos del lugar geométrico del espectro es el límite púrpura. Consiste en las coordenadas de los púrpuras más saturados que se pueden obtener. El púrpura se crea combinando el rojo intenso con el azul intenso y, por lo tanto, las parcelas violetas se encuentran entre los extremos del lugar geométrico del espectro. Todos los colores están contenidos dentro del área delimitada por el lugar geométrico del espectro y el límite púrpura. Aparece un color saturado hacia el perímetro y colores menos saturados hacia el centro. Por lo tanto, una fuente de luz con una emisión espectral muy estrecha centrada alrededor de una longitud de onda se trazará cerca del lugar geométrico del espectro, mientras que una fuente que emite radiación óptica de banda ancha o de espectro completo se trazará en la región central. En muchas situaciones, es más importante tener un método preciso para describir la diferencia de color que tener un modelo preciso para predecir la apariencia absoluta del color. Por ejemplo, a menudo es deseable que las lámparas en interiores arquitectónicos coincidan en apariencia ya que las diferencias de color entre las fuentes pueden ser visualmente discordantes. Una importante limitación de los diagramas de cromaticidad CIE 1931 y 1964 es que la misma distancia entre un par de coordenadas no corresponde a la misma diferencia en la cantidad de color percibido en cualquier parte del diagrama.

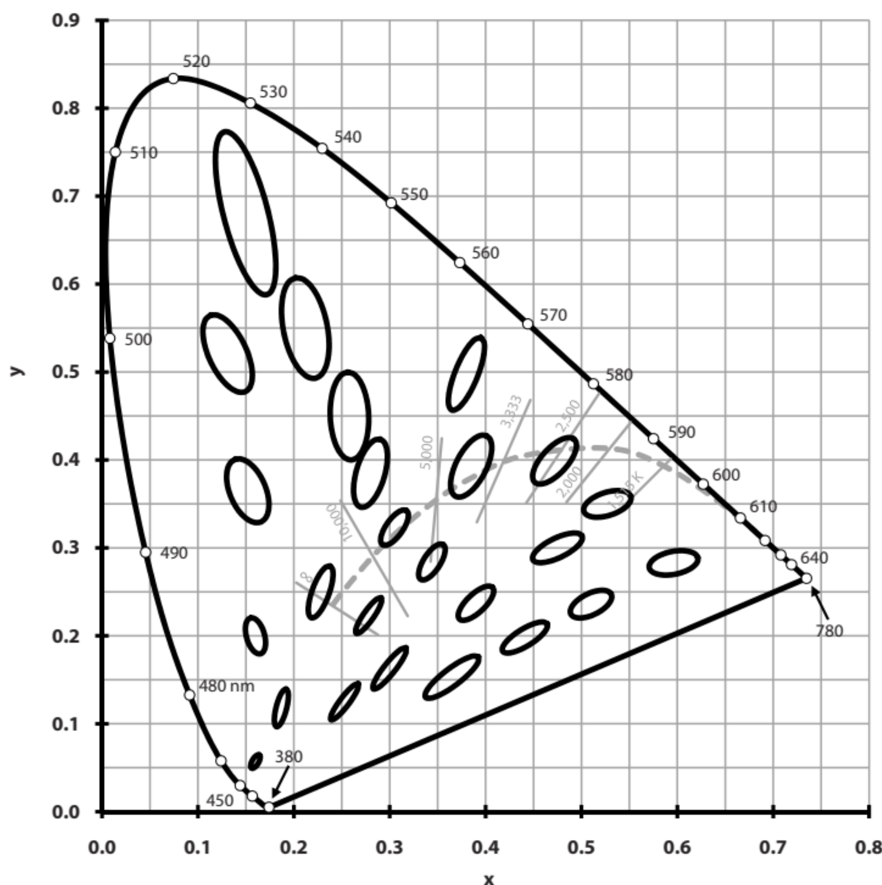


FIGURA 6.16 | ELIPSES DE MACADAM

El diagrama de cromaticidad de 2° CIE 1931 que muestra las elipses de MacAdam ampliadas por un factor de diez.

Se puede establecer una elipse alrededor de una coordenada de cromaticidad que establece el límite en el que un porcentaje dado de personas puede determinar que dos colores, uno con coordenadas de cromaticidad en el centro de la elipse y otro con coordenadas de cromaticidad en la elipse son sólo notablemente diferentes [9]. Las elipses cambian de tamaño sobre el diagrama como se ilustra en la figura 6.16. Estas elipses de MacAdam se emplean para establecer tolerancias de color para algunas fuentes de luz [10]. Que estos límites sean elipses de diferentes tamaños significa que el diagrama de cromaticidad no es perceptualmente uniforme: un espacio de cromaticidad uniforme limitaría las diferencias de color con círculos de radios iguales. Se han sugerido varias transformaciones que proporcionan un espaciamiento más uniforme.

6.2.2 MÁS SISTEMAS ESPACIADOS CASI UNIFORMEMENTE

Basado en trabajos anteriores [11], la CIE adoptó un diagrama de escala de cromaticidad uniforme (UCS) en 1960. Los cálculos de la temperatura de color correlacionada aún pueden emplear esta escala. La escala de 1960 fue modificada y reemplazada en 1976 y se muestra en la Figura 6.17. Ambas escalas son producidas por una simple transformación lineal de coordenadas de cromaticidad o valores triestímulo. [7] [12] [13]

Ambos sistemas mejoran la relación entre la diferencia de color percibida y la distancia de separación, pero una limitación importante de estos y todos los diagramas de cromaticidad es la falta de uniformidad perceptiva en función de la luminosidad o factor de reflectancia luminosa. Las propiedades acromáticas de luminosidad, negrura y blancura son atributos de color importantes. Por ejemplo, el marrón y el naranja pueden tener la misma cromaticidad pero se perciben como colores diferentes porque tienen diferentes valores de luminosidad.

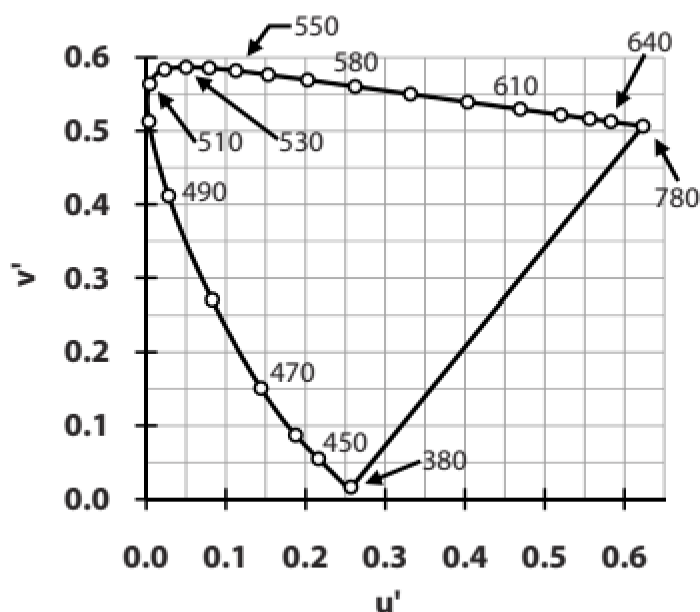


FIGURA 6.17 | U' V' DIAGRAMA DE CROMATICIDAD
El diagrama UCS de CIE 1976, que tiene un espaciado visualmente más uniforme que el diagrama de 1931 que se muestra en la figura 6.16.

FACTOR DE REFLECTANCIA LUMINOSA
El valor triestímulo y de la radiación óptica reflejada por un objeto, es equivalente al porcentaje de radiación óptica que sería reflejada, respecto a la que sería reflejada por una superficie lambertiana perfectamente reflectante.

Las características cromáticas no se pueden evaluar a partir de ningún diagrama de cromaticidad porque sólo se representan dos dimensiones, como se ilustró previamente en la figura 6.15. Esta es una limitación inherente que hace que todos los diagramas de cromaticidad bidimensionales no sean adecuados para caracterizar la diferencia de color.
En 1976 la CIE recomendó dos nuevos espacios de color uniformes, conocidos como CIELUV y CIELAB, que señalan el cambio de una escala de cromaticidad a un espacio de color, y relacionado con el cambio de dos a tres dimensiones. La terminología oficial es espacio CIE 1976 L*, a*, b*, con la abreviatura oficial CIELAB, y espacio CIE 1976 L*, u*, v*, con la abreviatura oficial CIELUV [12]. Las coordenadas a* y u* están visualmente relacionadas con una dimensión perceptiva de rojo-verdoso. Las coordenadas b* y v* están relacionadas visualmente con una dimensión perceptiva de amarillo-azul. Las dimensiones a*, b* y u*, v* son conceptualmente análogas y se pueden derivar de las coordenadas de cromaticidad x, y. La coordenada L* es un índice de luminosidad. Por lo tanto, los espacios de color CIELAB y CIELUV están organizados de manera análoga a los canales opuestos de la visión humana. La Figura 6.18 es una representación esquemática de CIELAB.

Aunque estos espacios de color proporcionan una representación más uniforme de las diferencias de color y reemplazan las escalas de cromaticidad para la mayoría de los propósitos, se ha retenido el diagrama UCS de 1976 para el cálculo de los índices de reproducción cromática CIE.

6.2.3 DIFERENCIA DE COLOR

La diferencia de color se calcula dentro de espacios de color tridimensionales que tienen un espacio visual aproximadamente uniforme. CIELAB y CIELUV son ejemplos de tales espacios y las fórmulas de diferencia de color están asociadas con ambos. Los resultados de las fórmulas de diferencia de color incluyen un único valor que representa la diferencia de percepción entre dos colores. Las ecuaciones se pueden aplicar a cualquier estímulo espectral, ya sea de objetos o iluminantes.

Inicialmente, la diferencia de color en estos espacios se calculaba simplemente como distancia euclidiana, designada $\Delta E^*{}_{ab}$ en el espacio de color L*a*b*. También se pueden calcular correlaciones para los atributos subjetivos de luminosidad, saturación y matiz. Los procedimientos para calcular estas cantidades están disponibles en otros lugares. [7] [12] [14] Los refinamientos posteriores en 1994 y 2000 proporcionaron valores de diferencia de color conocidos como $\Delta E^*{}_{94}$ y $\Delta E^*{}_{00}$. $\Delta E^*{}_{00}$ es la formulación de diferencia de color más precisa pero también matemáticamente más compleja. Se debe hacer referencia a los documentos CIE relevantes para los sistemas de ecuaciones requeridos para calcular $\Delta E^*{}_{00}$ y para consideraciones de aplicación adicionales [14].

6.2.4 LONGITUD DE ONDA DOMINANTE, PUREZA DE EXCITACIÓN Y LONGITUD DE ONDA DOMINANTE COMPLEMENTARIA

Ya no se recomienda el uso de longitud de onda dominante, pureza de excitación y longitud de onda dominante complementaria. Se definen aquí porque siguen siendo de uso común, especialmente en la especificación de LED de colores, y porque sugieren más la apariencia del color de una fuente de luz u objeto que las coordenadas de cromaticidad x, y. Estas cantidades se derivan de un diagrama de cromaticidad al considerar el estímulo de radiación óptica en relación con el lugar geométrico del espectro y un punto acromático supuesto. El punto acromático asumido para una fuente de luz, como un LED, suele tener las coordenadas de cromaticidad para un iluminante de igual energía, pero también puede ser la radiación de un cuerpo negro o una fase de la luz del día. El punto acromático asumido para los objetos suele ser el punto definido por las coordenadas de cromaticidad de la fuente de luz que se utilizará para iluminar el objeto. La longitud de onda dominante de todos los colores cuyas coordenadas x, y caen en una línea recta que conecta el punto acromático con un punto en el lugar geométrico del espectro es la longitud de onda indicada en la intersección de esa línea con el lugar geométrico del espectro. Esto se ilustra en la Figura 6.19. Para algunos colores, la línea recta desde el punto acromático a través de la cromaticidad de la prueba y alcanzará el límite púrpura en lugar del lugar geométrico del espectro. Estos colores no tienen una longitud de onda dominante, sino una longitud de onda dominante complementaria, que se determina extendiendo la línea hacia atrás desde el punto acromático. El punto donde la línea extendida hacia atrás golpea el lugar geométrico del espectro determina la longitud de onda dominante complementaria para dicho color. La pureza de excitación, a veces llamada simplemente pureza, se define como la distancia desde el punto acromático hasta las coordenadas de cromaticidad del estímulo, dividida por la distancia total a lo largo de la misma línea desde el punto acromático hasta el lugar geométrico del espectro o hasta el límite púrpura. Es una cantidad sin unidades de 0 y 1, o de 0 a 100 si se expresa como un porcentaje.

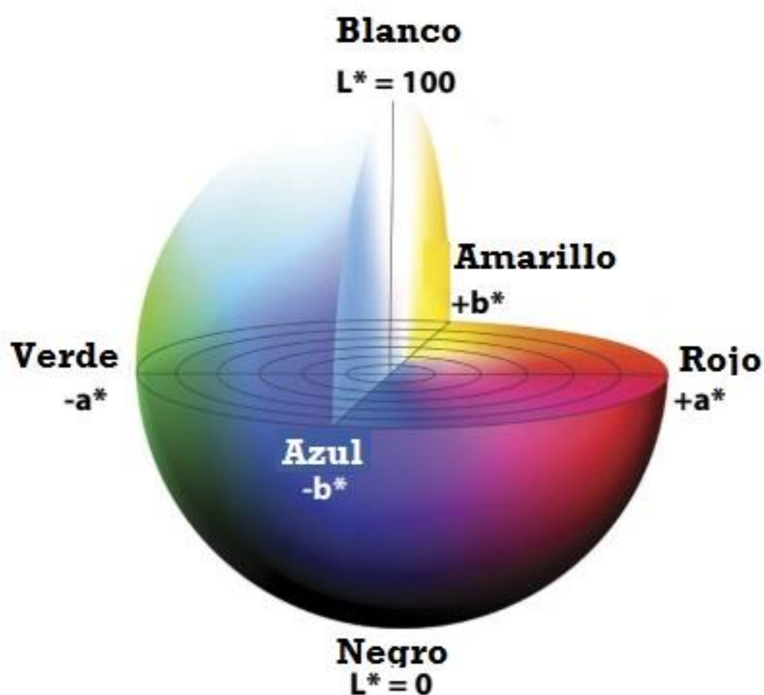


FIGURA 6.18 | CIELAB
Representación esquemática del espacio de color CIELAB, también conocido como L*a*b*, que ilustra las dimensiones perceptuales rojo-verdoso, amarillo-azulado y claro-oscuro
» Imagen ©Konica Minolta Sensing Americas, Inc.

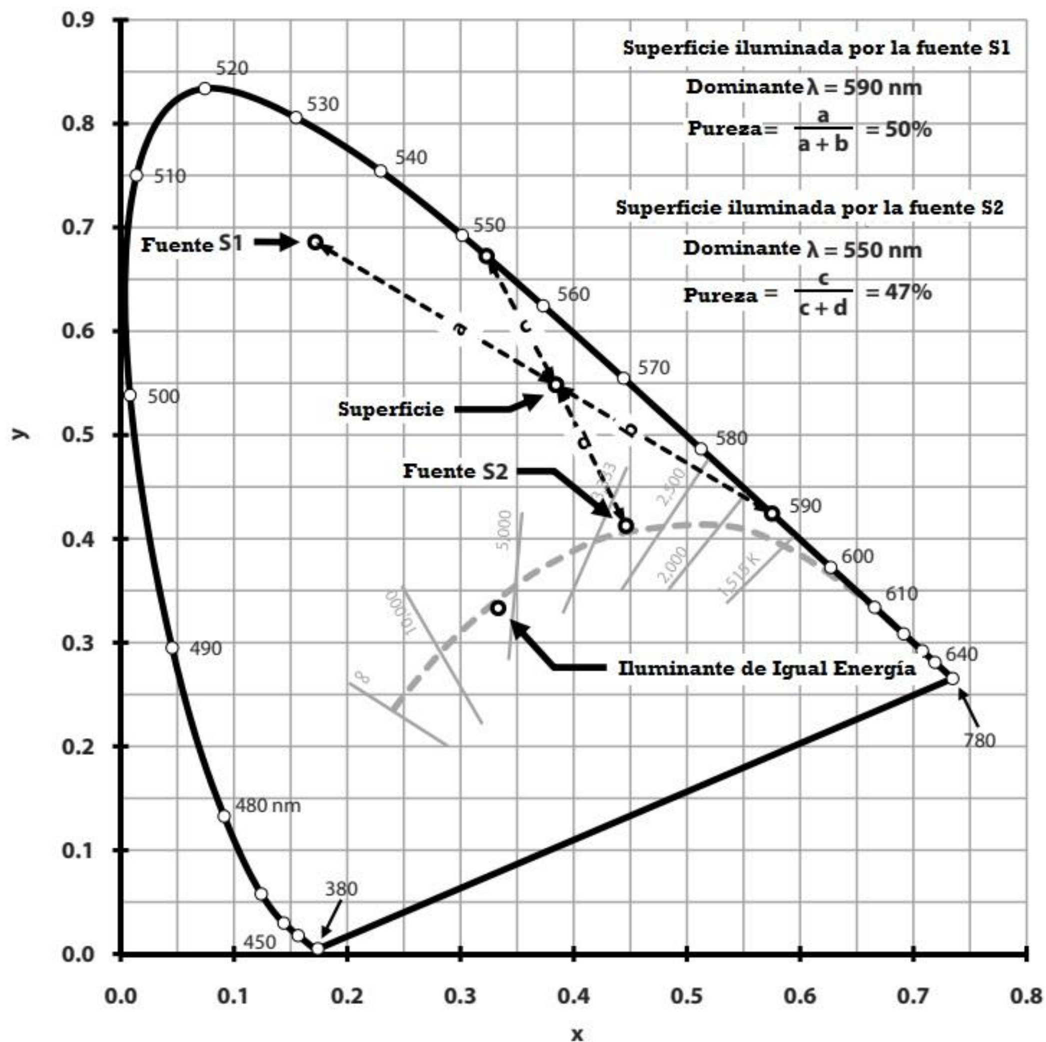


FIGURA 6.19 | LONGITUD DE ONDA DOMINANTE Y PUREZA

El diagrama de cromaticidad CIE 1931 2° que ilustra el método para obtener la longitud de onda dominante y la pureza para una sola superficie bajo dos iluminantes diferentes.

La pureza de excitación se correlaciona un poco con la saturación. Una fuente de luz monocromática se traza en el lugar geométrico del espectro y tiene una pureza de excitación de 1,0. De ello se deduce que, para cualquier fuente de luz dada, cuanto más cerca esté la pureza de excitación a 1,0, más saturado aparecerá el color. La longitud de onda dominante se correlaciona un poco con el tono. Las fuentes de luz con diferentes longitudes de onda dominantes tendrán diferentes tonalidades. Por ejemplo, las longitudes de onda dominantes de 450, 530 y 610 nm sugieren tonos azul, verde y rojo anaranjado, respectivamente. Dos fuentes con la misma longitud de onda dominante pueden tener diferentes tonalidades, particularmente si se usa un punto acromático diferente para cada una.

6.2.5 TEMPERATURA DE COLOR Y TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA

El espectro de radiación óptica y, por lo tanto, el color aparente de un cuerpo negro depende únicamente de su temperatura. Ver 1.4.4.1 Radiación de cuerpo negro. El color aparente y la temperatura de un cuerpo negro están vinculados, por lo que la temperatura de un cuerpo negro que se puede usar para describir la apariencia del color de una fuente de luz, se dice que es su temperatura de color. Las temperaturas de cuerpo negro son temperaturas absolutas, expresadas en unidades de kelvin (K). Un cuerpo negro teórico se vuelve blanco amarillento a 3000 K, blanco a 5000 K, blanco azulado a 8000 K y azul profundo a 60 000 K. La temperatura de color se puede relacionar con los diagramas de cromaticidad discutidos anteriormente. La curva que pasa por el centro de la figura 6.14 es el lugar geométrico del cuerpo negro o la curva del cuerpo negro. El lugar geométrico del cuerpo negro representa la cromaticidad de un radiador de cuerpo negro a diferentes temperaturas, algunas de las cuales están etiquetadas. Los valores para la coordenada de cromaticidad x son mayores para la porción más a la derecha del lugar geométrico del cuerpo negro, donde la temperatura del cuerpo negro es baja. Un valor alto de x significa que las longitudes de onda largas son dominantes, lo que corresponde a apariencias de color que son rojizas y visualmente cálidas. Moverse a la izquierda a lo largo del lugar corresponde con el aumento de la temperatura del cuerpo negro y con los cambios en la apariencia visual del cuerpo negro, de rojo pálido a blanco anaranjado, luego a blanco amarillento y, finalmente, a blanco azulado. El punto más a la izquierda de la curva, etiquetado con el símbolo de infinito, representa una apariencia de color azul intenso. Las bajas temperaturas del cuerpo negro producen colores visualmente cálidos y las altas temperaturas del cuerpo negro producen colores visualmente fríos. Si la cromaticidad de una fuente de luz cae exactamente en el lugar geométrico del cuerpo negro, la apariencia de esa fuente se puede especificar con una temperatura de color específica, ya que a esa temperatura un cuerpo negro emite radiación óptica que produce un color que coincide con el de la fuente de luz. Sin embargo, en muchos casos no es posible una coincidencia exacta de las cromaticidades de la fuente y del cuerpo negro y se usa la temperatura de color correlacionada (CCT) para describir la coincidencia visual más cercana. CCT es la temperatura absoluta que tiene un cuerpo negro cuando tiene aproximadamente la misma apariencia de color como la fuente. Al igual que la temperatura de color, la CCT también se expresa en unidades de kelvin (K). La figura 6.20 es una vista ampliada de la parte central del diagrama de cromaticidad. Muestra dónde se trazan algunas fuentes de luz comunes con respecto al lugar geométrico del cuerpo negro. Las rectas son líneas de CCT constante. Al igual que con la temperatura de color, los CCT exhiben la misma combinación de temperaturas bajas con colores visualmente cálidos y temperaturas altas con colores visualmente fríos. Tenga en cuenta que CCT generalmente no tiene nada que ver con la temperatura de la superficie de una lámpara real o cualquiera de sus componentes. También tenga en cuenta que CCT es un sólo número, destinado a encapsular algo sobre la apariencia del color de una fuente de luz. Dado que la percepción del color es multidimensional, la información del color se descarta. Los índices de un sólo número son convenientes, pero deben reconocerse sus limitaciones inherentes. Mirando las líneas de CCT constantes en la figura 6.20, por ejemplo, se puede observar que dos fuentes de luz pueden tener la misma CCT pero cromaticidades muy diferentes. Esto significa que dos lámparas con valores idénticos de CCT pueden tener apariencias de color muy diferentes. Como ejemplo de este fenómeno, la lámpara fluorescente en el punto "D" y la lámpara de haluro metálico en el punto "E" tienen un CCT de alrededor de 3000 K. Sin embargo, no coincidirán porque no se trazan en el mismo punto de la pantalla del diagrama de cromaticidad.

A menudo es deseable hacer coincidir la apariencia del color de las fuentes de luz dentro de un único entorno arquitectónico y, en estos casos, la CCT puede ser insuficiente. Una tienda minorista, por ejemplo, puede emplear lámparas fluorescentes lineales para la iluminación general, halogenuros metálicos para acentuar las pantallas verticales y LED dentro de los gabinetes. En situaciones donde la apariencia del color de lámpara a lámpara es una característica crítica del entorno luminoso, es prudente crear maquetas. En este ejemplo, una maqueta permitiría al propietario evaluar visualmente si las diferencias serían aceptables o no dentro de la estrategia minorista general. En la práctica, la selección de lámparas con CCT coincidentes (y CRI altos, consulte la siguiente sección) es tan buena como se puede esperar si la especificación del diseño se realiza sin evaluar muestras ni realizar maquetas.

TEMPERATURA DE COLOR
La temperatura absoluta (en unidades de kelvin, K) de un radiador de cuerpo negro que tiene una cromaticidad igual a la de la fuente de luz.

LUGAR GEOMÉTRICO DEL CUERPO NEGRO
El lugar geométrico de los puntos en un diagrama de cromaticidad que representa las cromaticidades de los cuerpos negros que tienen varias temperaturas de color. También conocido como el lugar geométrico de Planck.

TEMPERATURA ABSOLUTA
La temperatura medida en la escala Kelvin en la que al límite inferior de las temperaturas físicas se le asigna el valor cero absoluto. También conocida como temperatura termodinámica.

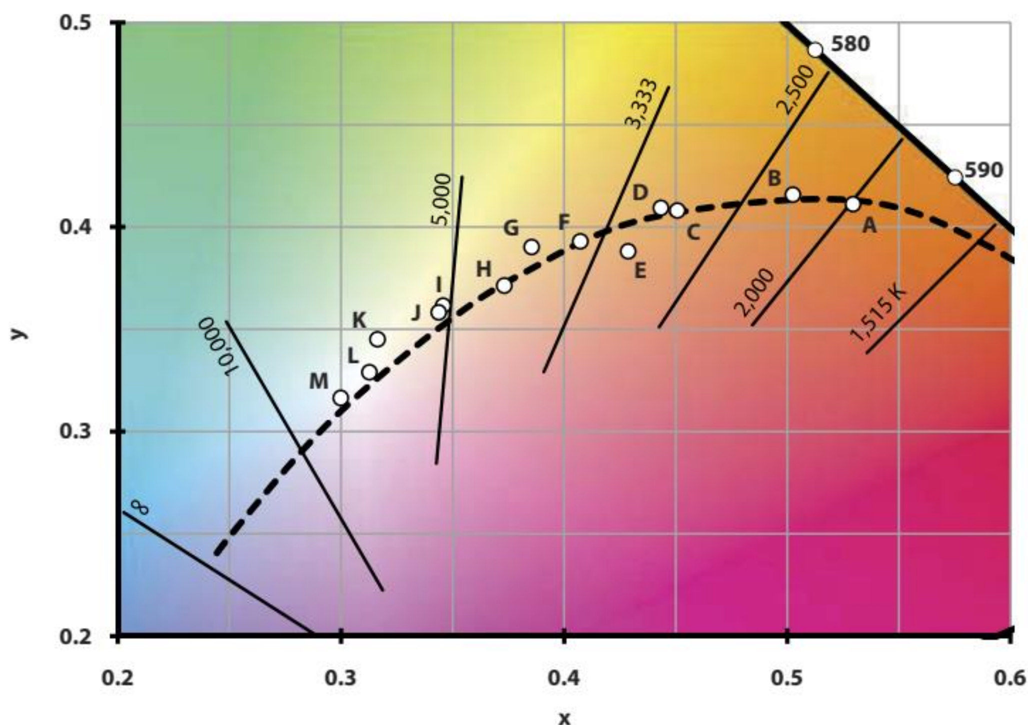


FIGURA 6.20 | CCT

Vista ampliada del diagrama de cromaticidad CIE 1931 2° que muestra la región cercana al lugar geométrico del cuerpo negro con líneas de isotemperatura para CCT y las coordenadas de cromaticidad para algunas fuentes de luz.

A = Sodio transparente a alta presión, 2000 K
B = Sodio a alta presión con CRI alto, 2200 K
C = Incandescente GLS estándar, 2800 K
D = Fluorescente trifósforo T8, 3000 K
E = Halogenuro metálico cerámico, 3000 K
F = Fluorescente trifósforo T8, 3500 K
G = Fluorescente trifósforo T8 , 4000 K
H = Halogenuro metálico cerámico, 4100 K
I =T12 fluorescente para evaluación del color, 5000 K
J =T8 trifósforo fluorescente, 5000 K
K = T8 trifósforo fluorescente, 6200 K
L = CIE D65, 6500 K
M =T12 fluorescente para evaluación del color, 7500 k

6.3 REPRODUCCIÓN DE COLOR

Al seleccionar acabados arquitectónicos y diseñar sistemas de iluminación para que las personas y los objetos se vean como se espera, es importante tener en cuenta tanto la apariencia del color absoluto de los objetos como la forma en que el color puede cambiar bajo diferentes fuentes de luz. Aunque hay muchas formas de evaluar la reproducción del color, se caracteriza más comúnmente por asignar un índice numérico único a una fuente de luz que se calcula mediante colorimetría CIE.

6.3.1 MÉTODO DE PRUEBA DE COLOR CIE

El método de prueba de color CIE califica las lámparas utilizando índices de reproducción cromática que representan el grado de cambio de color resultante de un objeto de prueba bajo una lámpara de prueba en comparación con su color bajo un iluminante de referencia del mismo CCT . Los índices se basan en una comparación general de las longitudes de los vectores de diferencia de cromaticidad en el diagrama UCS de 1964. La calificación consta de un índice general, R_a o CRI, que es la media de los índices especiales, R_i, para un conjunto de ocho muestras de color de prueba que son de luminosidad moderada y aproximadamente igualmente espaciadas en tono. La Figura 6.21 traza la muestra de ocho colores de prueba bajo un iluminante de referencia e ilustra la base gráfica para el cálculo. El CRI se mide en una escala de 0 a 100. Las lámparas que reproducen los ocho colores de prueba de manera muy similar al iluminante de referencia tendrán pequeños cambios de cromaticidad y un CRI alto. Por el contrario, las lámparas con un CRI bajo producen grandes cambios de cromaticidad en comparación con la referencia.

Para lámparas con un CCT inferior a 5000 K, la referencia es un radiador de cuerpo negro que funciona a la misma temperatura de color. Para lámparas con una CCT igual o superior a 5000 K, la referencia es un modelo matemático de luz diurna derivado de mediciones del espectro de luz diurna. El espectro de luz diurna utilizado en el cálculo de CRI se reconstituye a partir de mediciones de luz diurna realizadas en Enfield, Inglaterra; Rochester, Nueva York; y Ottawa, Canadá. El espectro de la luz del día se calcula para estar en el mismo CCT que la fuente de luz de prueba. Los datos espectrales tabulados se incluyen en las recomendaciones de la CIE para radiadores de cuerpo negro de hasta 5000 K, para los espectros de luz diurna reconstituidos desde 5000 K hasta el infinito, y para las ocho muestras de color de prueba generales y seis especiales [15]. Las seis muestras especiales de color de prueba incluyen cuatro colores saturados, uno representativo de la piel caucásica y uno de follaje verde moderado. La Tabla 6.5 proporciona sus especificaciones y representaciones de color esquemáticas. Los colores que se muestran son aproximaciones y no deben utilizarse en lugar de muestras reales. Las especificaciones definitivas son en términos de las funciones SRD, proporcionadas en CIE 13.3 [15]. De particular interés es R_9, que es un rojo saturado. Las fuentes de luz con valores bajos de R_9 tienen menos probabilidades de ser aceptadas para la iluminación general. Dado que una lámpara que muestra un R_9 débil aún puede mostrar un CRI alto, se recomiendan maquetas. Se debe hacer referencia al documento CIE para las fórmulas y el proceso de cálculo [15]. Debido a que el iluminante de referencia para CRI cambia con CCT, solo es válido comparar el CRI de diferentes lámparas si su CCT es similar. Por ejemplo, se debe esperar que una lámpara fluorescente de luz diurna de 6500 K con un CRI de 84 reproduzca los objetos de manera diferente a una lámpara fluorescente trifósforo de 3000 K con un CRI de 84. Esto ocurre porque el CRI para la lámpara de 6500 K se derivó en base a comparación con un modelo de luz diurna y la lámpara de 3000 K se comparó con un cuerpo negro. Aunque ambas lámparas en este ejemplo tienen un CRI de 84, el número tiene un significado diferente para cada lámpara. A pesar de esta restricción, las lámparas con un CRI más alto son generalmente (pero no siempre) mejores para hacer que los objetos se vean como se espera. Por ejemplo, el sentido común sugiere que una lámpara fluorescente trifósforo de 3000 K con un CRI de 84 reproducirá una amplia gama de objetos coloreados mejor que una lámpara de sodio de alta presión de 2100 K con un CRI de 21.

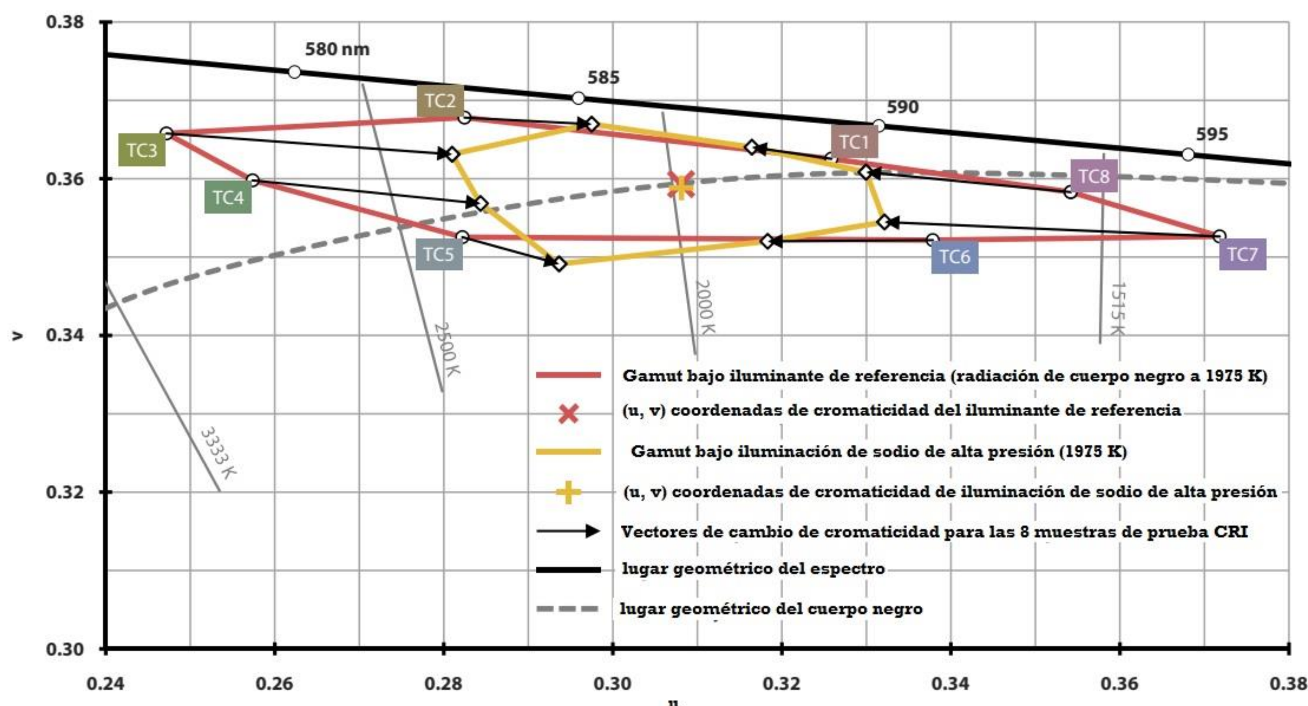


FIGURA 6.21 | BASE GRÁFICA PARA CRI

Vista ampliada del diagrama de cromaticidad uv de 2° CIE 1960 que ilustra las magnitudes y direcciones de cambio de cromaticidad para las ocho muestras de color de prueba CRI para la lámpara de sodio de alta presión cuyo SPD se ilustra en la Figura 6.2. Esta figura ilustra los grandes cambios de cromaticidad y la disminución del área de gama asociados con la iluminación de sodio de alta presión. Los grandes cambios de cromaticidad están asociados con un CRI deficiente; esta particular iluminación de sodio de alta presión tiene un CRI de 16 y un CCT de 1975 K.

6.3.2 LIMITACIONES DEL MÉTODO PRUEBA-COLOR DE LA CIE

El método CIE para evaluar las propiedades de reproducción cromática de los iluminantes se introdujo en 1965 [16] y se actualizó en 1974 [17]. La importancia de adoptar un método sencillo y racional para evaluar las propiedades de reproducción cromática de las fuentes de luz es evidente, por lo que, a pesar de los desafíos y otras medidas fácilmente disponibles, el método CIE es la herramienta más utilizada dentro de la comunidad de iluminación. Aunque un índice de un solo número es deseable para facilitar el uso, no es realista esperar que un solo número caracterice completamente la experiencia multidimensional del color. La Tabla 6.6 resume las principales limitaciones de la CRI. CRI no caracteriza razonablemente espectros de banda estrecha altamente estructurados, como los de los LED que se basan en la mezcla aditiva de componentes rojos, verdes y azules con emisiones espectrales estrechas. CRI no puede clasificar correctamente las fuentes por reproducción cromática cuando se incluyen LED [18]. Las maquetas siguen siendo el método recomendado para evaluar las propiedades de reproducción cromática de las lámparas, especialmente en aplicaciones de color crítico.

TABLA 6.5/ EJEMPLOS DE PRUEBA DEL COLOR CIE PARA EL CÁCULO DEL CRI

Color de Prueba # (R_1-R_{14})	Notación Munsell	Especificación CIE			Nombre ISCC-NBS	Apariencia Aproximada
		x	y	Y		
1	7.5 R 6/4	0.375	0.331	29.9	Rojo gris claro	
2	5 Y 6/4	0.385	0.395	28.9	Amarillo grisáceo oscuro	
3	5 GY 6/8	0.373	0.464	30.4	Verde amarillento fuerte	
4	2.5 G 6/6	0.287	0.4	29.2	Verde amarillento moderado	
5	10 BG 6/4	0.258	0.306	30.7	Verde azulado claro	
6	5 PB 6/8	0.241	0.243	29.7	Azul claro	
7	2.5 P 6/8	0.284	0.241	29.5	Violeta claro	
8	10 P 6/8	0.325	0.262	31.5	Morado rojizo claro	
9	4.5 R 4/13	0.567	0.306	11.4	Rojo fuerte	
10	5 Y 8/10	0.438	0.462	59.1	Amarillo fuerte	
11	4.5 G 5/8	0.254	0.41	20	Verde fuerte	
12	3 PB 3/11	0.155	0.15	6.4	Azul fuerte	
13	5 YR 8.4	0.372	0.352	57.3	Rosa amarillento claro (tez caucásica)	
14	5 GY 4/4	0.353	0.432	11.7	Verde oliva moderado (hoja verde)	

6.3.3 OTROS MÉTODOS PARA EVALUAR LA REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

Debido a las limitaciones del método CIE, se han realizado esfuerzos continuos para buscar herramientas alternativas para caracterizar la reproducción cromática. La Tabla 6.7 resume algunos de estos; a excepción del método de color de prueba CIE, ninguno está respaldado por una autoridad institucional, pero se puede considerar que todos brindan información complementaria significativa sobre la capacidad de las fuentes de luz para representar los colores de los objetos. Pueden ser especialmente útiles en el diseño espectral de la luz de una lámpara, donde existe la necesidad de modelar el potencial de reproducción cromática como parte del proceso de diseño de la lámpara. Las referencias proporcionan los detalles numéricos para calcular cada índice.

6.3.4 RECOMENDACIONES SOBRE EL USO DE MEDIDAS PARA LA REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

A pesar de las alternativas, CRI es la herramienta numérica más utilizada dentro de la comunidad de iluminación para la evaluación de la reproducción cromática. Fue desarrollado como una métrica de 'naturalidad' o 'fidelidad' en comparación con el renderizado bajo luz incandescente o luz diurna. Se debe usar CRI, pero con la advertencia de que sólo proporciona información general sobre el potencial de reproducción cromática. Ningún número único puede encapsular por completo el problema multidimensional de la reproducción del color [19].

Tabla 6.6 | Limitaciones del índice de reproducción cromática CIE (CRI)

Limitación	Explicación
Promedio de los cambios de color	El CRI se calcula promediando las puntuaciones de las muestras de color de prueba 1 - 8. Por lo tanto, una fuente de luz puede alcanzar una puntuación aceptable incluso si uno o más de los colores de la muestra de prueba se reproducen de forma deficiente. CRI no implica nada sobre la reproducción de ningún color de superficie en particular a menos que CRI = 100. Se debe tener especial cuidado al especificar fuentes de luz blanca que emplean componentes primarios de emisión estrecha, como con algunos LED, ya que son más susceptibles a reproducir mal algunos colores.
Muestras de color de prueba	Todas las muestras de color de prueba tienen una saturación moderada; ninguno está altamente saturado. Como resultado, la reproducción cromática de los colores saturados puede ser deficiente incluso cuando el CRI es alto. Las muestras de color de prueba 9 -12 son para colores saturados, pero no contribuyen al cálculo del CRI general. Esta debilidad puede ser especialmente aguda cuando se crea luz blanca con componentes primarios de emisión estrecha, como ocurre con algunos LED.
Espacio de color	Los cambios de cromaticidad se calculan dentro del diagrama de cromaticidad UCS de 1964, que ya no se recomienda para ningún otro uso. La región roja de este espacio de color es particularmente no uniforme, lo cual es importante ya que la reproducción fiel de la tez humana depende de esta región espectral. Se podrían emplear otros espacios de color, como CIE LAB o CIE LUV.
Sanciones por todos los cambios de cromaticidad	CRI siempre relaciona un patrón de cromaticidad (para un conjunto de muestras de color de prueba) bajo la fuente de prueba con un patrón arquetípico de cromaticidad (para el mismo conjunto de muestras de color de prueba) bajo la referencia. Esto supone que el patrón de cromaticidad bajo la referencia es ideal, lo que no siempre, ni siquiera generalmente, es cierto. En aplicaciones prácticas, se ha demostrado que es deseable un aumento en la saturación, en comparación con los iluminantes de referencia, lo que probablemente se deba a un aumento en el brillo percibido y una mejor discriminación del color.
Todos los CCT son tratados por igual	Los iluminantes de referencia están definidos para tener un CRI perfecto independientemente de la CCT. Esto significa que un cuerpo negro muy rojizo (por ejemplo, 2000 K) y un espectro de luz diurna muy azulado (por ejemplo, 20 000 K) tienen un CRI de 100, a pesar de que ambos renderizarán los objetos de formas peculiares.
Dependencia de CCT	Se usa un iluminante de referencia diferente en cada CCT, por lo que es incorrecto comparar el CRI de fuentes de luz que tienen diferentes CCT. Puede ser más deseable una escala absoluta que permita comparaciones entre todas las fuentes de luz, independientemente de la CCT.
Adaptación cromática	La adaptación cromática se explica con una transformada de Von Kries, que se ha demostrado que funciona mal y ya no se recomienda para ningún otro uso. Podría emplearse la transformada de adaptación cromática CIE más reciente, CIE CAT02.
Índice de un solo número	Los índices de un solo número para describir la reproducción cromática son intrínsecamente útiles y fundamentalmente defectuosos. Cualquier medida de reproducción cromática que reduzca la experiencia multidimensional del color a un solo valor descartará información que puede ser importante para un profesional del diseño.
Discontinuidad a 5000 K	A 5000 K, el iluminante de referencia cambia de un cuerpo negro a una fase de luz diurna. Esto es significativo para cualquiera que desarrolle iluminación de estado sólido con temperatura de color variable, ya que la discontinuidad es notable cuando la temperatura de color varía hasta 5000 K. La solución de ingeniería típica es usar el lugar geométrico del cuerpo negro para todas las temperaturas de color. Pero esto no resuelve el problema con CRI: una fuente de 4999 K con un CRI de 100 recibirá un CRI más bajo simplemente aumentando su CCT a 5000 K.

La Tabla 6.8 resume una amplia gama de propiedades colorimétricas para fuentes de luz comunes, incluidos los valores de muchos de los índices resumidos en la Tabla 6.6. Los profesionales del diseño pueden emplear las medidas alternativas para la reproducción cromática para evaluar las lámparas enumeradas como parte del diseño esquemático. Utilice CCT, CRI y los índices complementarios de las Tablas 6.6 y 6.7 para reducir las opciones, pero se recomiendan maquetas para finalizar las especificaciones.

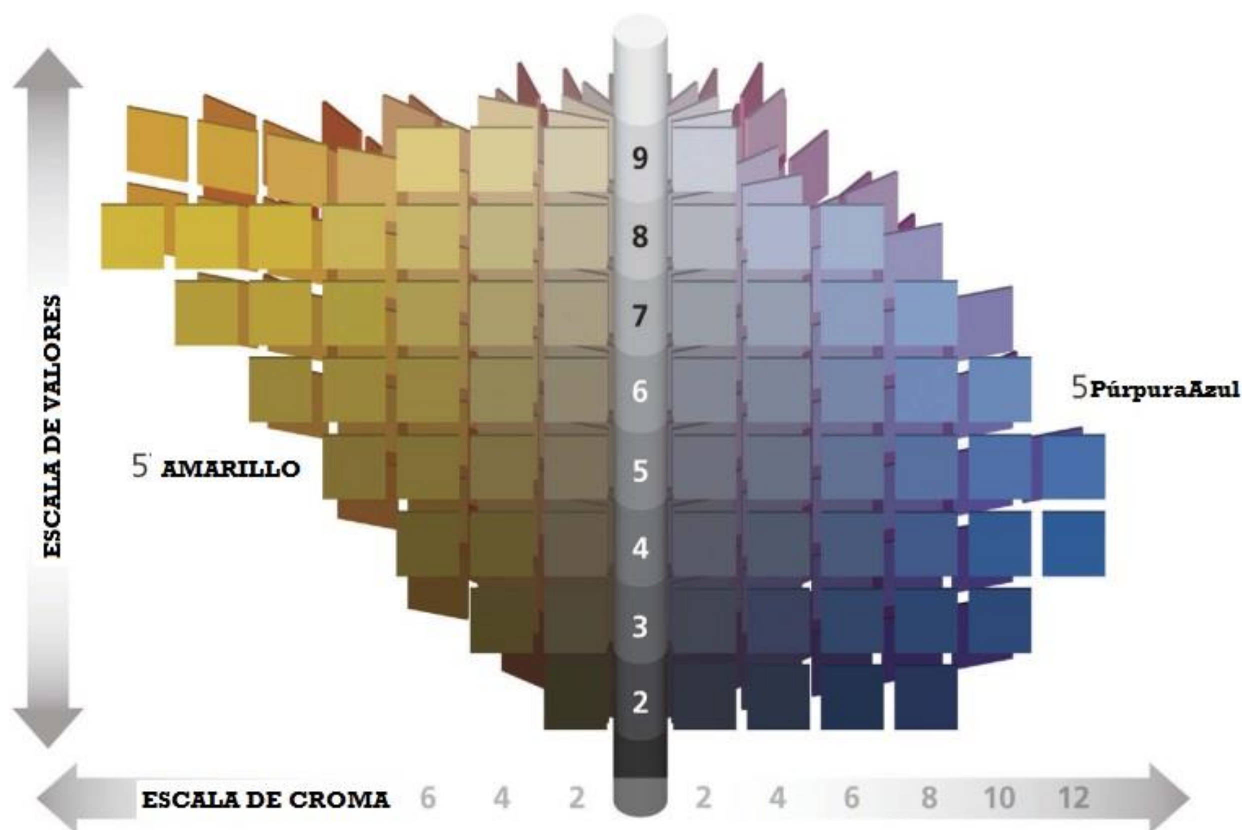
6.4 ESPECIFICACIÓN DE COLOR DE MATERIALES

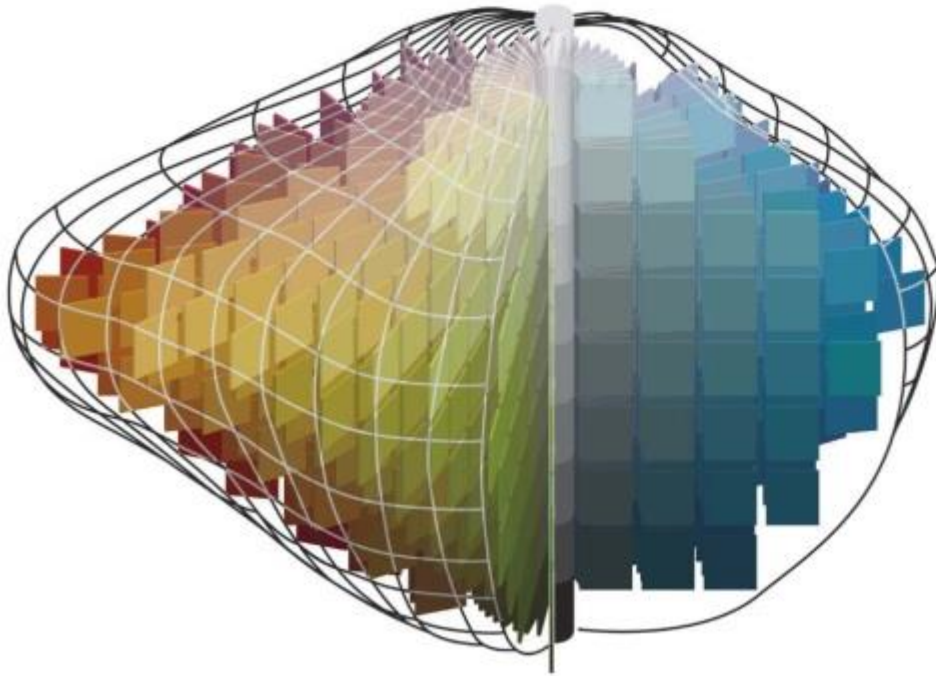
Los sistemas Sistema de Color Munsell, Sistema de Color Natural y Tarjeta de Color se pueden utilizar en la especificación de materiales arquitectónicos. Esto incluye CMYK y Pantone Matching System (Sistema de Pareo Pantone), los cuales se emplean principalmente en la industria de la impresión. Todos estos sistemas se relacionan con la especificación de objetos coloreados, incluidos los materiales arquitectónicos.

6.4.1 SISTEMA DE COLOR MUNSELL

El Sistema de color Munsell especifica el color en escalas de matiz, valor y croma. La escala de tonos consta de 100 pasos en un círculo que contiene cinco tonos principales y cinco intermedios. La escala de valores contiene diez pasos, con 0 correspondiente a negro y 10 a blanco. La escala cromática puede contener 20 o más pasos desde gris neutro hasta muy saturado. Cada una de las tres escalas se divide de modo que los incrementos representen intervalos visuales iguales para un observador normal, totalmente adaptado a las condiciones de visualización diurna (CIE fuente C), con un entorno de gris a blanco. En estas condiciones, el matiz, el valor y el croma de una especificación Munsell se correlacionan estrechamente con el matiz, la luminosidad y el croma de la percepción del color. La notación de Munsell es útil ya sea que se usen o no muestras de Munsell. Tiene la forma [tono] [valor] / [croma] como, por ejemplo, 5R 4/10 [32]. Los colores de croma cero, que se conocen como colores neutros, se escriben N1/, N2/, etc., como se muestra en la figura 6.22. Una aproximación ampliamente utilizada de la equivalencia visual entre las unidades de matiz, valor y croma es 1 paso de valor = 2 pasos de croma = 3 pasos de matiz (cuando el matiz está en croma 5). Las escalas de Munsell se ejemplifican mediante una colección de fichas de colores que forman un atlas de gráficos que muestran series lineales para las que dos de las tres variables son constantes. Colecciones de chips de color cuidadosamente estandarizados en acabados mate y brillante están disponibles comercialmente [33]. Los colores de Munsell se han convertido en estándares en muchas industrias y dentro de varias agencias gubernamentales, incluidas ANSI, NEMA y USDA.

Figura 6.22 | Sólido de color de Munsell Izquierda: Vista recortada del sólido de color de Munsell que muestra escalas de notación de matiz, valor y croma. Derecha: una representación tridimensional del árbol de colores de Munsell.
» Imágenes ©X-Rite





Cuadro 6.7 | Índices de reproducción cromática

Índice	Símbolo o Abrev.	Método* R	G	S	M	Concepto	Escala del Índice Principal	Fecha	Autor(s) Institución	Ref.
Método de color de prueba CIE	CRI, R_a	R				**Clasificación de fuentes de luz que representa los cambios de color resultantes medios de 8 muestras de color de prueba bajo una lámpara de prueba en comparación con su color bajo una lámpara estándar del mismo CCT, dentro del diagrama UCS CIE 1964.**	0 - 100	1965 orig.; 1974 mod.; 1995 reaff.	[CIE]	[17]
Índice de adulación	R_f	R				**La preferencia de color humana por un grupo selecto de muestras de color de prueba se ha considerado para determinar una configuración ideal de coordenadas de cromaticidad. El patrón tiene en cuenta los cambios deseables en el matiz y la saturación. 14 colores de prueba se consideran con ponderación desigual. El color de prueba que simula la tez caucásica tiene la mayor ponderación.**	0 - 100	1967	D. Judd [NBS, precursor **de** NIST]	[20]
Índice de discriminación de color	CDI		G			**Un CDI más alto se asocia con una gama más amplia en el diagrama UCS de 1960. La gama se normaliza a 100 según CIE illuminantC.**	0 - 100	1972	W. Thornton [Westinghouse]	[21]
Índice de preferencia de color	CPI	R				**Conceptualmente similar a Rf en el sentido de que acredita fuentes de luz para representar una matriz de muestras de color de prueba de formas deseables. A diferencia de R, pondera por igual los 8 colores de prueba que contribuyen al índice.**	0 - 156	1974	W. Thornton [Westinghouse]	[22]
Índice de puntero	--	R			M	**Esta es una aplicación especial del modelo de apariencia de color de 1982 de Hunt. Produce 15 parámetros intermedios relacionados con el tono, el croma y la luminosidad. El índice compuesto es un promedio de los parámetros intermedios. Este es un índice basado en referencias, pero se puede usar cualquier iluminante como referencia.**	**0-100 (la referencia la define el usuario, pero siempre tiene un valor de 100)**		M. Pointer	[23]
Capacidad de reproducción de color	CRC		G			**Cuantifica el potencial de reproducción cromática en función del número de colores de objetos que teóricamente puede reproducir una fuente de luz. La medida está relacionada con el volumen de un color sólido que se calcula en el espacio de color CIELUV.**	0.0 - 1.0	1993	X. Hu	[24]
Índice de sensación de contraste	FCI		G			**Calcula la gama de 4 colores de muestra de prueba altamente saturados (rojo, verde, azul, amarillo) en el espacio de color CIELAB. El área de la gama se compara con el área de la gama producida por D65.**	**D65 se establece en 100, los valores más altos y más bajos son**	1993	K. Hashimoto et al. [Matsushita Ltd.]	[25]
Área de la superficie del cono	CSA		G			**La base de un cono se forma usando la gama de 8 muestras de color de prueba dentro del diagrama UCS CIE 1976. La altura del cono se determina a partir de la cromaticidad de la fuente de luz. El área del cono se emplea como medida de la reproducción del color.**	--	1997	S. Fotios	[26]
Desviación porcentual de la luz del día	mm%Dxx			S		**El SPD de la fuente de luz de prueba se agrega en contenedores de 10 nm desde 420-650 nm y el CCT de la fuente de prueba se usa para calcular el espectro de luz diurna CIE equivalente, indicado por Dxx. Luego se encuentra el desplazamiento porcentual alrededor del espectro Dxx que contiene todos los niveles de salida agrupados de la fuente de luz, con algunas exclusiones para los picos espectrales. El porcentaje de desplazamiento necesario para lograr esto se denota por mm%.**	**0-100% (para cada fase de la luz del día)**	2004	D. Kirkpatrick [DARPA]	[27]

Tabla 6.7 | índices de reproducción cromática (continuación)

Índice	Símbolo o Abrev.	Método* R	G	S	M	Concepto	Escala del índice principal	Fecha	Autor (es) [Institución]	Ref.
Índice de color de espectro completo	FSCI			S		Una medida matemática de cuánto se desvía el espectro de una fuente de luz de un espectro de igual energía. Se escala de manera que la referencia de energía igual recibe una puntuación de 100, un fluorescente blanco cálido recibe una puntuación de 50 y una fuente monocromática recibe una puntuación de cero.		2004	M. Rea et al. [LRC]	[28]
Índice de Worthey	--				M	Este índice se conceptualiza en torno al modelo de colores opuestos e incluye parámetros relacionados con la capacidad de un iluminante para realizar contrastes rojo-verde y azul-amarillo. Es un modelo teórico basado en la representación de la reproducción cromática con la teoría matricial.		2004	J. Worthey	[29]
Escala de calidad de color	CQS, NIST-CRI	R				Mejora el CRI manteniendo la misma estructura computacional del método de color de prueba CIE, pero actualizado para reflejar los avances en la ciencia del color. Hay 8 mejoras que tienen fuertes fundamentos teóricos. Sin embargo, son incrementales, de modo que existe una alta correlación entre CRI y QCS.		2005	W. Davis, Y. Ohno [NIST]	[30]
Índice de reproducción de armonía	R_{hr}	R			M	Al igual que Rf y CPI, este índice se relaciona con la simpatía de la coloración del objeto. A diferencia de estas otras medidas, Rhr se basa en la armonía de las combinaciones de muestra de color de prueba, incluidos 17 pares y 5 tríadas, que se comparan con los iluminantes de prueba y de referencia. Este es un índice basado en referencia que emplea el modelo de apariencia de color CIECAM02.	D65 y la radiación de cuerpo negro se establecen en 100, son posibles valores más altos y más bajos	2009	F. Szabó et al. [University of Pannonia]	[31]

*Clave

R Método basado en referencia: Se define una referencia o serie de referencias para que tengan una reproducción perfecta, definida con un valor máximo en el índice, y las fuentes de luz de prueba se comparan con la referencia.

G: Método basado en la gama: Basado en la gama creada en un diagrama de cromaticidad bidimensional o el volumen creado en un espacio de color tridimensional, con referencia a la representación de un conjunto definido de muestras de color de prueba. Estas medidas son independientes de CCT y, por lo tanto, permiten la comparación de fuentes que tienen apariencias de fuentes diferentes.

S Método de bandas espectrales : Basado en la idea de que la creación de un espectro idéntico o muy similar a un espectro conocido que proporcione una muy buena reproducción cromática, como una lámpara incandescente o la luz del día, también dará como resultado una buena reproducción cromática.

M Método basado en el modelo de apariencia de color: Estos métodos emplean un modelo de apariencia de color como componente del cálculo, haciendo uso del modelo de colores oponente y espacios de color avanzados.

6.4.2 RELACIÓN DEL VALOR DE MUNSELL CON LA REFLECTANCIA

El valor de Munsell está relacionado con la reflectancia luminosa como se muestra en la figura 6.23. La reflectancia luminosa también se puede aproximar con la expresión:

$$\rho = 0.547(MV)^3 + 0.4044(MV)^2 + 0.4694(MV) \qquad (6.2)$$

Dónde:

ρ = **reflectancia luminosa**
MV = **valor Munsell**

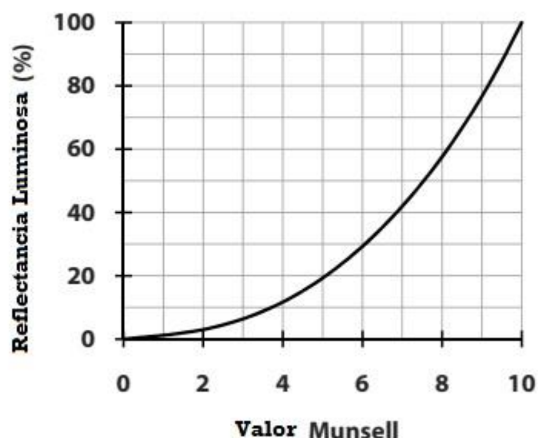
En el sólido de color de Munsell de la figura 6.22, la dimensión de la luminosidad es vertical, a lo largo de la escala del valor de Munsell, y va desde el negro en la parte inferior hasta el blanco en la parte superior. Las posiciones dentro del diagrama de cromaticidad CIE bidimensional están relacionadas con el tono percibido de Munsell y con el croma (o saturación) percibido de Munsell. El diagrama de cromaticidad representa los colores que estarían en un plano del color sólido de Munsell. Un color con un valor Munsell de 7 se llama color claro, pero su reflectancia es de solo 0,42. Esta es una consideración importante para los profesionales del diseño. Paredes, techos e interiores claros, los muebles, ya sean neutros o cromáticos, son mucho más eficientes que las superficies oscuras en la distribución de la radiación óptica. A menos que todos los colores en el esquema de color de la disposición de una habitación sean muy claros, se absorberá más del 50% de la radiación óptica que incide sobre las superficies. Si se utilizan colores de valor 5, se absorberá hasta el 80% de la radiación óptica incidente. Con práctica en el uso de una escala de valores de Munsell, particularmente el conjunto especial de escalas de Munsell desarrollado para diseñadores de interiores y de iluminación, los valores de Munsell pueden estimarse con bastante precisión y convertirse en reflectancia luminosa por medio de la Figura 6.23 o la Ecuación 6.2. Estas reflectancias se pueden usar para cálculos de iluminación, más comúnmente para establecer valores para la reflectancia de la superficie dentro del software de diseño de iluminación. Dado que la reflectancia luminosa de los objetos coloreados difiere de acuerdo con el SPD de las fuentes de luz, muchos juegos de escalas Munsell para juzgar la reflectancia tienen las reflectancias de cada muestra dadas para tres fuentes de luz: CIE A a 2856 K, fluorescente blanco frío a 4300 K y CIE D65 a 6504 K.-

Tabla 6.8/ Propiedades Colorimétricas de Algunas Lámparas

Iluminante	Fig. 6.21 Etiqueta	Potencia Lámpara (Vatios)	Lúmenes Fotópicos	Lúmenes Escotópicos	Eficacia Luminosa (Lm/Vatio)	S/P	CIE 1931 2° (x, y) Coordenadas de Cromaticidad		CIE 1960 2° (u, v) Coordenadas de Cromaticidad	
							x	y	u	v
CIE D65	L	--	--	--	--	2.46	0.313	0.329	0.198	0.312
T8 "830" fluorescente trifósforo	D	32	2950	3746	92	1.27	0.443	0.409	0.252	0.350
T8 "835 fluorescente trifósforo	F	32	2950	4405	92	1.49	0.407	0.393	0.236	0.342
T8 "841" fluorescente trifósforo	G	32	2950	4790	92	1.62	0.385	0.390	0.223	0.339
T8 "850" fluorescente trifósforo	J	32	2950	5797	92	1.97	0.344	0.358	0.208	0.325
T8 "865" fluorescente trifósforo	K	32	2800	6143	87	2.19	0.316	0.345	0.194	0.318
T12 fluorescente para evaluación del color 5000 K	I	40	2200	4440	55	2.02	0.346	0.362	0.208	0.326
T12 fluorescente para evaluación del color, 7500 K	M	40	2000	4981	50	2.49	0.300	0.316	0.194	0.306
GLS incandescente	C	60	860	1198	14	1.39	0.451	0.408	0.258	0.350
Sodio claro de alta presión	A	100	9500	5686	95	0.60	0.529	0.411	0.308	0.359
Haluro metálico cerámico 3000 K	E	100	8600	11892	86	1.38	0.429	0.388	0.252	0.342
Haluro metálico cerámico 4100 K	H	100	8200	14821	82	1.81	0.373	0.371	0.222	0.332
Sodio de alta presión, alto CRI	B	100	7300	6140	73	0.84	0.502	0.416	0.288	0.357

FIGURA 6.23 | VALOR DE MUNSELL Y REFLECTANCIA LUMINOSA

El valor de Munsell para superficies mate se puede relacionar con la reflectancia usando este gráfico o con la Ecuación 6.1. Es especialmente útil para determinar los valores de reflectancia para su uso en modelos informáticos cuando se conoce o se puede aproximar el valor de Munsell.



6.4.3 OTROS SISTEMAS DE ESPECIFICACIÓN DE COLORES 6.4.3.1 TARJETAS DE COLORES

Las tarjetas de colores se utilizan principalmente en la industria de la pintura como herramientas de comunicación entre el fabricante de la pintura y el consumidor o diseñador. Las tarjetas de color son muestras organizadas de los colores disponibles, donde cada muestra de tarjeta de color tiene una fórmula correspondiente para producir la pintura.

CIE 1976 2° (u', v') Coordenadas de Cromaticidad		CCT [13]	CRI [15]	Índice de Adulación [20]	Índice de Preferencia del color [22]	Índice de Discriminación del color [21]	Capacidad de Reproducción de Color [24]	Área de Superficie del Cono [26]	Índice de Puntero [23]
u'	v'								
0.198	0.468	6503	100	89	101	96	0.993	0.058	100
0.252	0.524	2929	85	85	102	56	0.522	0.030	76
0.236	0.512	3476	86	86	104	70	0.637	0.038	77
0.223	0.508	3966	84	84	99	74	0.693	0.041	78
0.208	0.488	5070	87	85	106	90	0.835	0.052	80
0.194	0.477	6222	85	84	102	92	0.829	0.056	96
0.208	0.490	5008	90	86	97	84	0.858	0.049	81
0.194	0.460	7420	93	88	101	99	0.994	0.061	98
0.258	0.525	2815	100	89	101	51	0.609	0.028	76
0.308	0.538	1965	16	23	-20	13	0.215	0.009	62
0.252	0.514	2994	87	81	91	65	0.675	0.034	76
0.222	0.498	4166	92	88	100	81	0.853	0.045	80
0.288	0.536	2234	63	61	52	27	0.380	0.016	70

6.4.3.2 CMYK

CMYK (Cian, Magenta, Amarillo, Klave (Negro)). Es un proceso de impresión coloquialmente conocido como cuatricromía El proceso CMYK funciona mediante la mezcla sustractiva de colores y medios tonos. Las propiedades semitransparentes de las tintas CMYK permiten la percepción de imágenes de tonos continuos a todo color.

6.4.3.3 PANTONE MATCHING SYSTEM (PMS) (Sistema de Coincidencia Pantone)

El PMS es un espacio de color patentado que permite a los diseñadores especificar coincidencias de color durante la etapa de diseño independientemente del equipo que se utilizará para producir el color. El PMS ha sido ampliamente adoptado por los diseñadores gráficos y las industrias de reproducción e impresión. Basado en 14 tintas básicas, el sistema puede representar más de 1100 colores sólidos.

6.4.4 COLORES DE SEGURIDAD

Los colores de seguridad se utilizan para indicar la presencia de un peligro o una instalación de seguridad, como un peligro de explosión o una estación de primeros auxilios. Estos son colores cuidadosamente desarrollados que se especifican en la norma nacional estadounidense ANSI Z531-2006 para colores de seguridad [34]. El fondo alrededor de estos colores de seguridad debe mantenerse lo más libre posible de colores competidores, y la cantidad de otros colores en el área debe mantenerse al mínimo. Estos colores deben estar iluminados por una fuente de luz a niveles que permitan una identificación positiva del color y el peligro o situación que identifica y no lo distorsione y, por lo tanto, oscurezca el mensaje que transmite.

Las notaciones de Munsell y las especificaciones CIE para seguridad rojo, naranja, marrón, amarillo, verde, azul, púrpura, blanco, gris y negro se dan en el estándar ANSI citado anteriormente. Las especificaciones se basan en iluminación con CIE Standard Illuminant C, que es un simulador de luz diurna a 6774 K. Cuando se iluminan superficies de color de seguridad y las áreas circundantes, es importante utilizar fuentes de luz que no produzcan grandes cambios de color. Los colores generalmente serán reconocibles bajo lámparas fluorescentes convencionales, pero algunas fuentes de descarga de alta intensidad causarán cambios de color inaceptables. Esto puede ser especialmente problemático en entornos con 5 lx e inferiores, que no son infrecuentes en espacios industriales. Los gráficos de tolerancia de color que muestran los colores de seguridad y sus límites de tolerancia están disponibles comercialmente [35].

6.5 ESPECIFICACIÓN DE COLOR DIGITAL

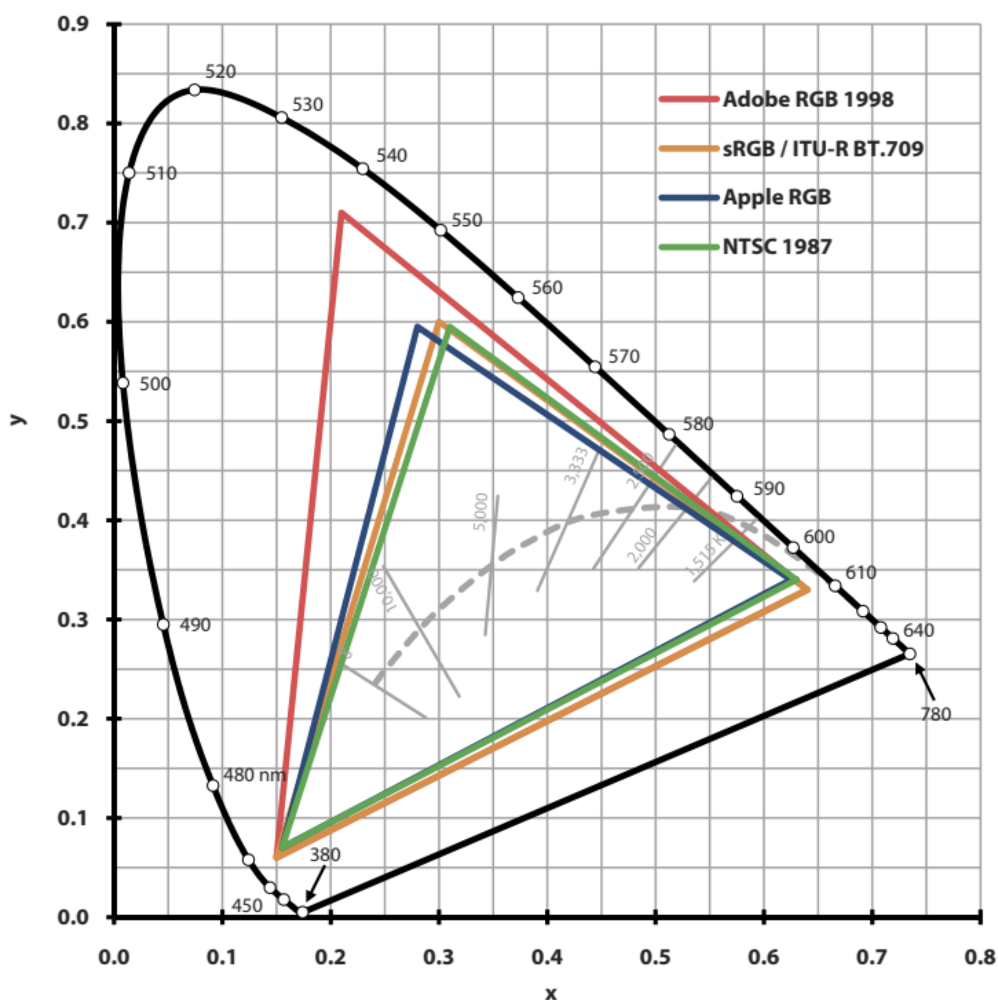
Los sistemas de especificación de color descritos en esta sección no son aplicables al color en interiores arquitectónicos, pero son relevantes para la visualización realista de gráficos generados por computadora para comunicar conceptos de diseño.

6.5.1 RGB

El modelo de color RGB (rojo, verde, azul) es un modelo de color aditivo genérico que utiliza colores primarios rojo, verde y azul, que se mezclan en varias proporciones para reproducir una amplia gama de colores. El modelo RGB se utiliza principalmente con sistemas de visualización electrónica que utilizan tecnologías como fósforos, LED, pantallas de cristal líquido (LCD), procesamiento de luz digital (DLP) y cristal líquido sobre silicio (LCoS). RGB es un modelo de color dependiente del dispositivo, por lo que diferentes dispositivos reproducirán un conjunto determinado de valores RGB de manera diferente. El uso de tres primarios no es suficiente para reproducir todos los colores. Sólo se pueden reproducir aquellos dentro del triángulo definido por las cromaticidades de los primarios. La figura 6.24 ilustra varios conjuntos primarios, cada uno de los cuales establece su propio triángulo de color y, por lo tanto, demuestra la dependencia del dispositivo. Los monitores de computadora son dispositivos RGB aditivos de color, mientras que las impresoras a color generalmente usan mezcla de color sustractiva de impresión CMYK. Esto explica en parte la dificultad de (económica y fácilmente) hacer coincidir el color entre los medios en pantalla y los impresos. Consulte 6.7 Conversiones del espacio de color.

FIGURA 6.24 | CONJUNTOS PRIMARIOS RGB

El diagrama de cromaticidad CIE 1931 2° con conjuntos primarios para estándares de visualización comunes.



DEPENDIENTE DEL DISPOSITIVO

Cuando diferentes dispositivos (por ejemplo, la pantalla de una computadora portátil, un proyector LCD, una impresora a color) reproducen el color de manera diferente, se dice que la especificación de color o el modelo de color dependen del dispositivo.

6.5.2 HSL Y HSV

HSL (tono, saturación, luminosidad) y HSV (tono, saturación, valor) son sistemas dependientes del dispositivo que se utilizan para representar colores en un espacio de color RGB tridimensional de coordenadas cilíndricas. La figura 6.25 ilustra ambos. El espacio HSV se puede visualizar como un cono invertido con negro en el vértice, blanco en el centro de la base y grises neutros a lo largo del eje, que es la dimensión del valor. Los tonos se colocan alrededor del eje. En algunos casos la base es un hexágono y en sus vértices se colocan rojo, amarillo, verde, cian, azul y magenta. La saturación, o más precisamente croma, está representada por la distancia desde el eje en una sección transversal del cono. El espacio HSL se puede visualizar como un cono doble, con blanco y negro en los vértices opuestos y tonos colocados como en el sistema HSL. La saturación es operativamente diferente en los espacios de color HSL y HSV. Los modelos de color HSL y HSV generalmente se usan en el software como un selector de tono bidimensional, que presenta una matriz de colores en una sección transversal particular (valor/luminosidad) que elige el usuario.

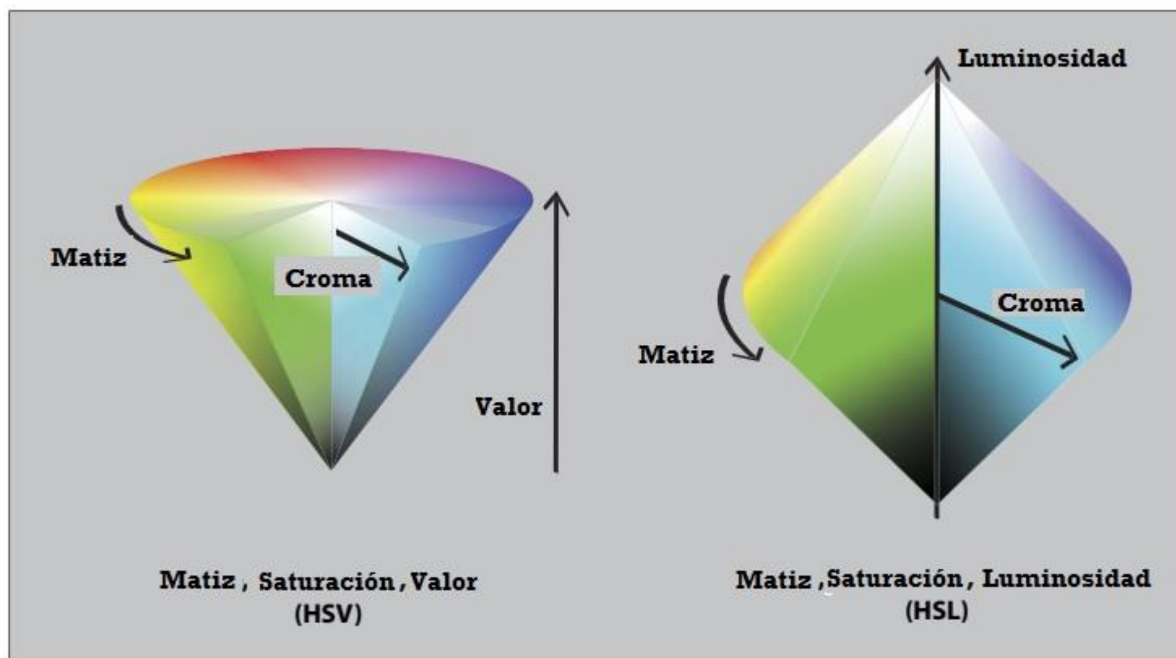
6.5.3 sRGB

Hewlett-Packard y Microsoft crearon sRGB (estándar rojo, verde, azul) como un dispositivo RBG independiente para dispositivos digitales como monitores, impresoras e Internet [36]. sRGB fue diseñado para manejar el color en los sistemas operativos, controladores de dispositivos, Internet, así como en dispositivos periféricos como cámaras digitales y escáneres. Utiliza colores primarios de la televisión de alta definición (HDTV), creando así un espacio de color que abarca una amplia gama de tecnologías digitales. [37] [38] Este espacio de color define y limita la visualización realista de gráficos generados por computadora. Los primarios sRBG se trazan en la Figura 6.24.

Dispositivo Independiente*: Cuando la especificación de color es universal, como una especificación de color de pintura que pueden reproducir diferentes* proveedores*, se dice que es independiente del dispositivo.*

FIGURA 6.25 | HSL Y HSV

Son representaciones esquemáticas de los espacios de color HSV (izquierda) y HSL (derecha). A veces, "croma" se etiqueta como "saturación", lo que es preciso cuando se ilustra un corte bidimensional en un valor constante, pero engañoso para las representaciones tridimensionales que se muestran aquí, ya que la saturación varía tanto con el croma como con la luminosidad/valor.



6.6 APARIENCIA DEL COLOR

El término apariencia de color se utiliza para describir el efecto gestáltico de los espectros de radiación óptica que ingresan al sistema visual, tanto en el espacio como en el tiempo, sobre la percepción resultante del color. La apariencia del color depende del estado de adaptación cromática, el contexto geométrico del objeto que se está viendo, incluidos el fondo y las superficies circundantes, los niveles de luminancia absolutos dentro del campo de visión y otros aspectos del estímulo de radiación óptica y los atributos cognitivos del observador.

La figura 6.26 ilustra el contraste de brillo simultáneo, un tipo de fenómeno de apariencia de color. Los cuadrados centrales en la parte superior y los lados sombreados del cubo tienen la misma cromaticidad y luminancia, pero uno aparece de

color amarillo anaranjado y el otro marrón; ilustrando cómo las medidas numéricas pueden fallar en capturar las percepciones humanas. La Tabla 6.9 resume los fenómenos de apariencia del color y su relevancia para la iluminación.

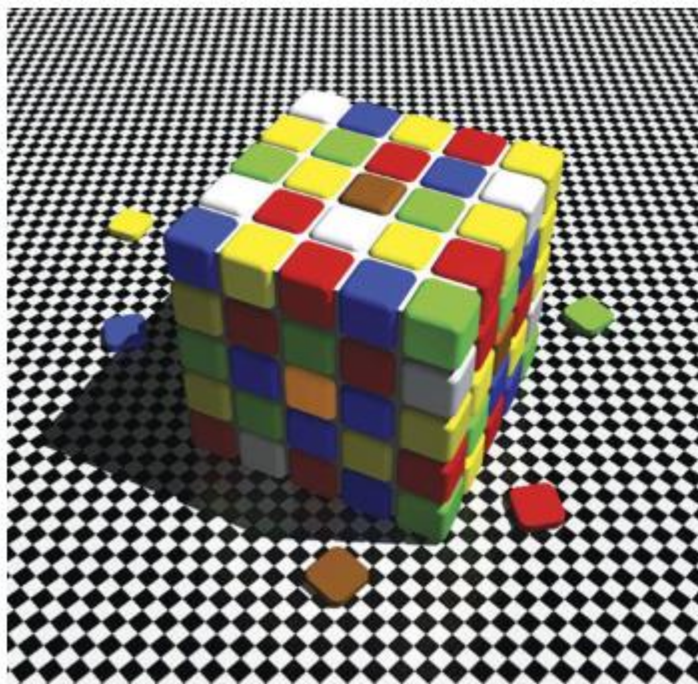


FIGURA 6.26 | CONTRASTE DE BRILLO SIMULTÁNEO
El cuadrado del medio en las caras frontal y superior tienen la misma cromaticidad (x, y) y factor de reflectancia luminosa (Y), pero aparecen en colores diferentes. » Imagen ©R. Beau Lotto.

6.6.1 MODELOS DE APARIENCIA DE COLOR

Los modelos de apariencia de color (CAM) se esfuerzan por caracterizar la experiencia multidimensional del color teniendo en cuenta las condiciones de estímulo complejas, la percepción y la cognición. Los modelos de apariencia de color caracterizan al menos la luminosidad, el croma y el matiz. Los modelos más complejos también caracterizan el brillo y el colorido. El actual modelo CIE CAM [14] utiliza como entrada: valores triestímulos relativos del estímulo de prueba; luminancia de adaptación; valores de triestímulo relativos de la luminancia de adaptación; luminancia relativa del entorno; y si es probable o no que se descarte el iluminante. A partir de estos, el modelo determina: luminosidad, brillo, croma, colorido, saturación y matiz. Se han definido otras CAM [39].

Sistemas de gestión del color (CMS) *Es un sistema compuesto por dispositivos de medición y/o software para controlar la representación del color, a veces a través de varios medios, como desde una pantalla de computadora hasta papel impreso.*

White Point *Es un conjunto de valores triestímulo o coordenadas de cromaticidad que sirven para definir el color blanco en una imagen digital o una imagen reproducida digitalmente.*

6.7 CONVERSIONES DE ESPACIO DE COLOR

Traducir el color de un dispositivo a otro es un requisito común, como convertir las coordenadas de video RGB a una especificación CMYK impresa, o hacer coincidir los colores de una imagen proyectada con los de la pantalla de una computadora portátil. Las dificultades y los detalles de la coincidencia entre medios son numerosos [40] [41], pero los principales factores que dificultan estas conversiones son las diferencias en las caracterizaciones colorimétricas, la cromaticidad de los primarios y el número de primarios.
La conversión y la coincidencia de colores entre diferentes pantallas y/o medios se denomina codificación de color independiente del dispositivo, que se incorpora en los sistemas de gestión de color (CMS). La especificación más reciente de International Color Consortium (ICC) (Consorcio del Color Internacional) de un CMS es un estándar ISO y define un medio de referencia [42] [43]. Se requiere un medio de referencia ya que la igualdad de valores triestímulo no garantiza la igualdad de apariencia del color, como ocurre con una pantalla de computadora autoluminosa y una hoja de papel. Aparecen diferentes incluso cuando muestran los mismos valores de triestímulo. Por lo tanto, los modelos de apariencia del color se han convertido en una parte central de los sistemas de gestión del color.

Una tarea a la que se enfrentan los diseñadores de iluminación puede ser modelar de forma realista un entorno físico en un ordenador. En esta situación, puede ser necesario convertir los valores triestímulo CIE de los objetos de construcción a valores RGB. Las matrices requeridas para realizar dicha conversión dependen tanto del triángulo de coordenadas de cromaticidad para los fósforos de pantalla como de la cromaticidad de punto blanco especificada. También es importante saber cómo el software de visualización representa los valores RGB y reconocer que los valores RGB definirán el valor de reflectancia del material.

El mapeo de valores de luminancia o RGB en un dominio perceptualmente uniforme se denomina corrección gamma. El objetivo es optimizar el rendimiento perceptivo de la resolución limitada de la especificación de los componentes rojo, verde y azul de un dispositivo [44]. El software de análisis y diseño de iluminación que produce representaciones a menudo asume implícitamente que la temperatura de color de una lámpara es de 6500 K, lo que corresponde al punto blanco predeterminado del monitor. Una temperatura de color de la lámpara más baja puede influir en la cantidad de radiación óptica interreflejada entre superficies fuertemente cromáticas. Además, el software no suele modelar los cambios de color debido a la adaptación cromática. No es correcto ajustar simplemente el balance de color del renderizado (modelado) como se hace a veces.

Tabla 6.9 | Fenómenos de apariencia de color clave

Fenómeno	Concepto Básico	Relevancia a Iluminar
Adaptación Cromática	El proceso sensorial por el cual el sistema visual preserva la apariencia del color de un objeto bajo una amplia gama de fuentes de luz. Ocurre porque los conos L, M y S tienen un control de sensibilidad independiente. La adaptación cromática completa tarda unos 2 minutos.	Las fuentes de luz de mayor CCT contienen proporcionalmente más energía de longitud de onda corta que las fuentes de luz de menor CCT. Cuando un ambiente se ilumina exclusivamente con un solo tipo de fuente de luz, los ocupantes se vuelven insensibles a las diferencias. Los conos S se vuelven relativamente menos sensibles bajo fuentes de luz de alta CCT y los conos L se vuelven relativamente menos sensibles bajo fuentes de luz de baja CCT. Cuando se utilizan varios tipos de fuentes de luz, como la luz del día que entra por las ventanas y la iluminación fluorescente superior, se produce una adaptación cromática mixta y una adaptación cromática transitoria.
Descontando el iluminante	Se percibe que la adaptación cromática es completa en una amplia gama de condiciones de visualización, pero los mecanismos sensoriales no pueden explicar por completo esta percepción. Descontar el iluminante se refiere a la capacidad cognitiva de un observador para interpretar el color del objeto en la forma en que se espera que aparezca en función de la experiencia y el conocimiento sobre los objetos, la iluminación y el entorno visual.	La capacidad cognitiva de un observador para descartar el iluminante socava tácitamente la viabilidad de las métricas basadas en referencias para la reproducción cromática, como CRI, especialmente aquellas métricas que no están vinculadas a CCT. Esto es especialmente cierto cuando se consideran objetos que tienen una apariencia de color esperada, ya sea de la memoria o del contexto.
Efecto Helmholtz-Kohlraushch	A menudo se supone erróneamente que el brillo y la luminancia están directamente relacionados, pero esto no es así. Las percepciones de brillo y luminosidad dependen tanto de la luminancia como de la cromaticidad. Consulte la figura 6.27.	Es posible aumentar la percepción del brillo a luminancia constante eligiendo una fuente de luz o acabados superficiales más cromáticos. Esto puede explicar por qué los entornos muy coloridos, como los iluminados con LED de emisión estrecha, parecen brillantes a pesar de que las cantidades fotométricas medidas son bajas.
Efecto Hunt	El colorido de los objetos cromáticos aumenta con la luminancia (aunque la cromaticidad permanece sin cambios).	Al diseñar un entorno para niveles de luz bajos, se requerirán colores de superficie altamente saturados para crear un entorno colorido. Por el contrario, cuando un entorno está diseñado para altos niveles de luz, se pueden utilizar colores de superficie relativamente menos saturados para crear un entorno que se perciba colorido.
Efecto Stevens	El contraste de brillo o luminosidad (pero no el contraste de luminancia) aumenta al aumentar la luminancia. Dicho de otra manera, a medida que aumenta la luminancia, los colores oscuros aparecerán más oscuros y los colores claros aparecerán más claros.	Es deseable un alto contraste en tareas visuales, como leer letra impresa; el efecto Stevens proporciona una justificación para aumentar la luminancia con el fin de mejorar el contraste percibido. El alto contraste a menudo no es deseable dentro del campo de visión, como entre ventanas y paredes dentro de interiores de trabajo; el efecto Stevens proporciona una justificación para reducir el contraste de luminancia en tales situaciones.
Efecto Purkinje	La sensibilidad máxima del sistema visual se desplaza hacia longitudes de onda más cortas a medida que disminuyen los niveles de luminancia.	Históricamente, el diseño de iluminación ha empleado cantidades fotométricas fotópicas, que se basan en un sistema visual adaptado a la luz. La iluminación nocturna de las carreteras y los estacionamientos suele estar en niveles dentro del rango mesópico, donde el efecto Purkinje es real y perceptible. Consulte la Sección 4.12 | Un sistema de determinación de iluminancia para obtener orientación sobre cómo tener esto en cuenta al establecer las iluminancias objetivo.

FIGURA 6.27A | EFECTO HELMHOLTZ-KOHLRAUSCH: **CUANTIFICACIÓN BASADA EN LA CROMATICIDAD** El diagrama de cromaticidad de 10° CIE 1964 que muestra loci de relaciones constantes entre brillo y luminancia.

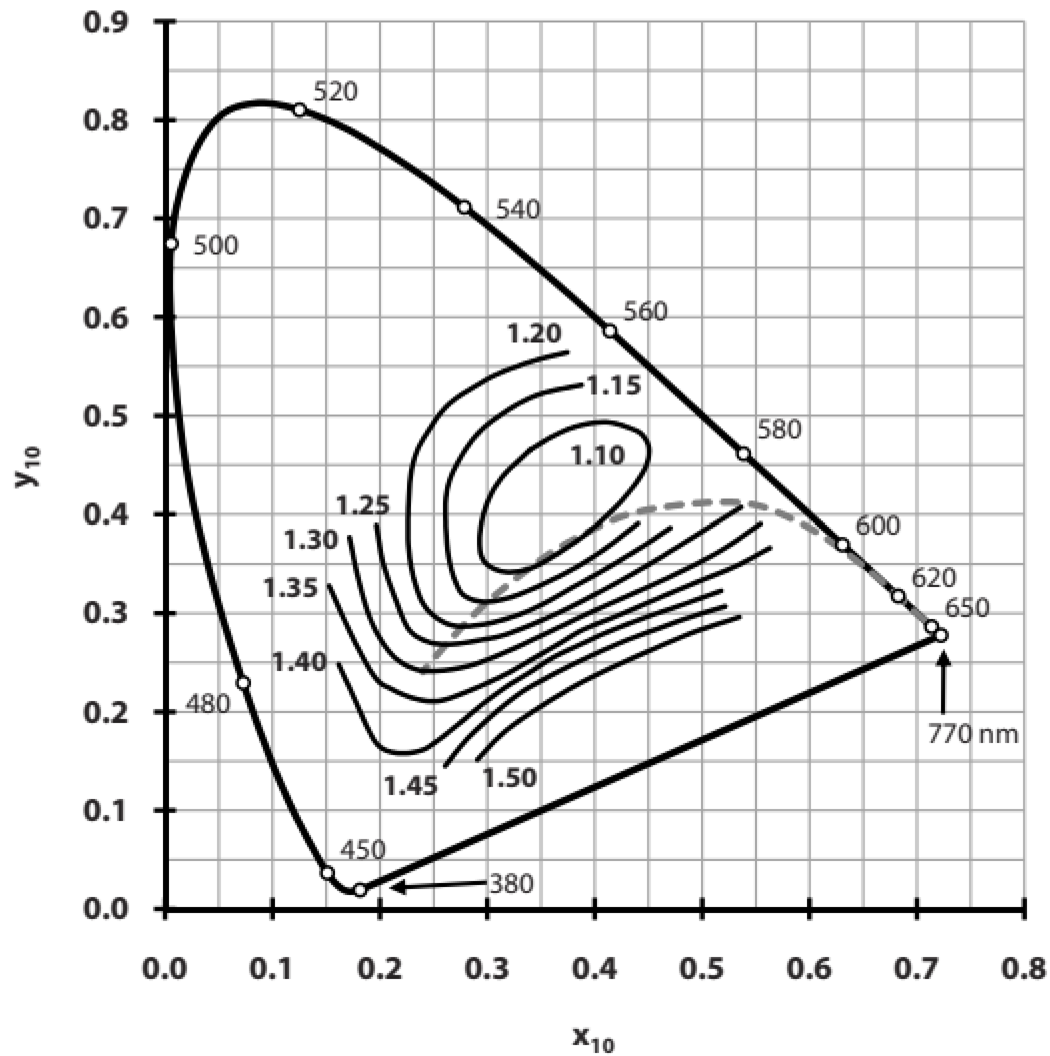


FIGURA 6.27B | EFECTO HELMHOLTZ-KOHLRAUSCH: **EJEMPLO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN**
Una ejemplificación del efecto Helmholtz-Kohlrausch en el túnel de pasajeros del Aeropuerto Metropolitano de Detroit, que emplea LED saturados como única fuente de iluminación directa, indirecta, general y de acento. Las cantidades fotométricas, como la iluminancia, son bajas, pero la experiencia del brillo no lo es. » ©Grupo Smith.



6.8 REFERENCIAS

[1] Billmeyer FW Jr. 1994. Metrology, documentary standards, and color specifications for fluorescent materials. Color Res. Appl. 19(6):413-425.

[2] CIE 38. 1977. Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurement. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage.

[3] Hubbe MA, Pawlak JJ, Koukoulas AA. (2008) Paper's appearance: a review. BioResources. 3(2):627-665.

[4] Wright WD. 1928-1929. A re-determination of the trichromatic coefficients of the spectral colours. Trans. Opt. Soc. London. 30:141-164.

[5] Guild J. 1931. The colorimetric properties of the spectrum. Philos. Trans. Roy. Soc. London, Series A. 230:149-187.

[6] Hu X, Houser KW. 2006. Large-field color matching functions. Color Res. Appl. 31(1):18-29.

[7] Schanda J. editor. 2007. Colorimetry: understanding the CIE system. Hoboken, NJ: Wiley Interscience. 459 p.

[8] ASTM E308-08. 2008. Standard practice for computing the colors of objects by using the CIE system. West Conshohocken, PA: ASTM International. 34 p.

[9] MacAdam DL. 1942. Visual sensitivities to color differences in daylight. J. Opt. Soc. Am. 32(5):246-274.

[10] ANSI. 2001. ANSI C78.376-2001. American National Standard for electric lamp –specifications for the chromaticity of fluorescent lamps. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association.

[11] MacAdam DL. 1937. Projective transformations of ICI color specifications. J. Opt. Soc. Am. 27(8):294-299.

[12] CIE 15:2004. Colorimetry, 3rd edition. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage. 79 p.

[13] Wyszecki G, Stiles WS. 1982. Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd ed. 968 p.

[14] CIE 142:2001. 2001. Improvement to industrial colour-difference evaluation. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage. 15 p.

[15] CIE 13.3. 1995. Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage. 20 p.

[16] CIE 13 1974. Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage.

[17] CIE 13.2 1965. Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage.

[18] CIE 177. 2007. Colour rendering of white LED light sources. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage. 14 p.

[19] Guo X, Houser KW. 2004. A review of colour rendering indices and their application to commercial light sources. Lighting Res. Technol. 36(3): 183-199.

[20] Judd DB. 1967. A flattery index for artificial illuminants. Illum. Eng. (USA). 62: 593-98.

[21] Thornton WA. 1972. Color-discrimination index. J. Opt. Soc. Am. 62(2):191-94.

[22] Thornton WA. 1974. A validation of the color preference index. J. Illum. Eng. Soc. 4:48-52.

[23] Pointer MR. 1986. Measuring colour rendering—a new approach. Lighting Res. Technol. 18(4):175-84.

[24] Xu H. 1993. Colour rendering capacity and luminous efficiency of a spectrum. Lighting Res. Technol. 25(3):131-32.

[25] Fotios SA. 1997. The perception of light sources of different colour properties. PhD thesis. Manchester, United Kingdom: UMIST.

[26] Kirkpatrick DA. 2004. Is solid-state the future of lighting? Third international conference on solid state lighting. Proc. SPIE. 5187:10-21.

[27] Rea M, Deng L, Wolsey R. 2004. NLPIP lighting answers: lighting sources and color. Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute.

[28] Worthey JA. 2004. Color rendering: a calculation that estimates colorimetric shifts. Color Res. Appl. 29(1):43-56.

[29] Davis W, Ohno Y. 2005. Toward an improved color rendering metric. Fifth international conference on solid state lighting. Proc. SPIE. 5941:1-8.

[30] Hashimoto K, Yano T, Shimizu M, Nayatani, Y. 2007. New method of specifying color-rendering properties of light sources based on feeling of contrast. Color Res. Appl. 32(5):361-371.

[31] Szabo F, Bodrogi P, Schanda J. 2009. A colour harmony rendering index based on predictions of colour harmony impression. Lighting Res. Technol. 41(2):165-182.

[32] ASTM D1535-08 Standard practice for specifying color by the Munsell system. West Conshohocken, PA: ASTM International. 45 p.

[33] X-Rite, Inc. [homepage on the Internet]. Grand Rapids (MI): X-Rite, Inc.; c2010 [cited 2010 Jun 30]. Available from: http://www.xrite.com/home.aspx

[34] ANSI Z535.1-2006. 2006. American National Standard for safety colors. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association.

[35] Hale Color Charts Int'l. [homepage on the Internet]. Naples (FL): Hale Color Charts Int'l. [cited 2009 Jun 4] Available from: www.halecolorcharts.com.

[36] Stokes M, Anderson M, Chandrasekar S, Motta R. 1996. A standard default color space for the Internet-sRGB, version 1.10. [Internet]. [cited 2009 Jun 23]. Available from: http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB

[37] ITU-R BT.709-5. 2002. Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union.

[38] IEC 61966-2-1. 1999. Multimedia systems and equipment, colour measurement and management, part 2-1: colour management, default RGB colour space, sRGB, 1st ed. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission.

[39] Fairchild, MD. Color appearance models, 2nd ed. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd. 408p.

[40] Green P, MacDonald L. editors. 2002. Colour engineering: achieving eevice independent colour. Wiley series in display technologies. Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd. 282 p.

[41] Pharr M, Humphreys G. 2004. Physically based rendering: from theory to implementation. The Morgan Kaufmann series in interactive 3D technology. San Francisco, CA: Elsevier. 1042 p.

[42] ISO 15076-1:2005. Image technology colour management–architecture, profile format and data structure–part 1: based on ICC.1:2004-10. Geneva, Switzerland: ISO Central Secretariat.

[43] Berns RS. 2000. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology, 3rd ed. New York, NY: Wiley Interscience. 247 p.

[44] Poynton C. 1998. The rehabilitation of gamma. in: Rogowitz BE, Pappas TN editors. Human vision and electronic imaging III. proceedings of SPIE/IS&T conference 3299. San Jose, CA. Jan. 26–30, 1998. Bellingham, Washington: SPIE.



©iStockPhoto

7 / FUENTES DE LUZ

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Contenido

Si encuentro 10.000 formas en que algo no funcionará, no he fallado. No me desanimo, porque cada intento fallido descartado es un paso más hacia adelante.

Thomas Alva Edison , inventor, científico y empresario de los siglos XVIII y XIX

Este capítulo está organizado en torno a las principales familias de fuentes de luz: luz diurna, filamento, fluorescente, descarga de alta intensidad (HID) e iluminación de estado sólido (SSL). Proporciona características técnicas que incluyen los principios de operación, construcción, identificación y características de operación para las fuentes más comunes y los equipos auxiliares actualmente disponibles. 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE LA APLICACIÓN enfatiza los criterios de diseño comunes relacionados con la selección de la fuente. Los capítulos 7 y 13 juntos pretenden facilitar la elección y especificación de fuentes de luz. Información fundamental sobre la generación de radiación óptica es: dado en 1 | FÍSICA Y ÓPTICA DE LA POTENCIA RADIANTE. Técnicas para la medición de la radiación óptica se proporcionan en 9 | MEDIDA DE LUZ: FOTOMETRÍA.

7.1 LUZ DEL DÍA

La luz del día es la fuente de luz más sostenible para los interiores de los edificios. La aplicación de la luz del día como fuente primaria de iluminación para edificios se ha expandido en los últimos años, con un mayor enfoque en el diseño de edificios ecológicos y de alto rendimiento. Sin embargo, la implementación de la iluminación natural en espacios arquitectónicos es una tarea desafiante debido a su variabilidad tanto en cantidad como en dirección a lo largo del día, la estación y las condiciones climáticas [1]. Esta sección aborda la naturaleza general de la luz del día como fuente de luz, mientras que los Capítulos 14 | DISEÑO DE LUCES NATURALES y 16 | Los CONTROLES DE ILUMINACIÓN abordan los aspectos en la arquitectura como la integración de control y diseño natural involucrados en la iluminación natural de un edificio.

La luz del día se distingue como fuente de luz por su espectro y distribución únicos y cambiantes. Los movimientos diarios y estacionales del sol con respecto a una ubicación geográfica particular producen un patrón predecible tanto en la cantidad como en la dirección de la luz diurna disponible. Superpuesto a este patrón predecible se encuentra la variación causada por los cambios en el clima, la temperatura y las partículas en el aire. La fuente de toda la luz del día se origina en el sol; sin embargo, en el diseño de la iluminación del día, el sol y el cielo generalmente se consideran fuentes distintas porque tienen características muy diferentes, como se describe a continuación.

7.1.1 EL SOL

El disco solar tiene aproximadamente medio grado de diámetro, con una luminancia antes de la atenuación atmosférica de aproximadamente 1,6 x 109 cd/m2 [2]. Esta luminancia extrema y la salida del sol en la porción no visible del espectro electromagnético son capaces de causar daños físicos permanentes al ojo si se ven directamente. Si se le permite ingresar a un edificio, la preocupación principal es el deslumbramiento causado por la vista directa del sol o por los patrones de alta luminosidad que crea. El sol atraviesa un arco en el cielo a lo largo del día, y la posición de este arco varía según la época del año y la latitud del lugar [3]. El movimiento aparente del sol a lo largo de esta trayectoria es de 15° por hora. Su punto más alto sobre el horizonte se produce en el mediodía solar, que coincide con la orientación del Polo Norte o Sur,

según la ubicación del sitio. Consulte la Figura 7.1. Debido a que el sol está aproximadamente a 93 millones de millas de distancia (149.668.992 kilómetros), los rayos del sol se coliman esencialmente al llegar a la tierra. Debido al tamaño angular del sol, los bordes de un haz de luz solar que pasa a través de una abertura se vuelven borrosos, en lo que se conoce como penumbra de sombra, y esta región borrosa aumenta de tamaño a medida que aumenta la distancia desde la abertura. La iluminancia solar medida en un plano normal a la dirección del sol es una función tanto de la altitud solar como de la claridad del cielo, y puede alcanzar valores tan altos como 100 000 lux. Dado que la órbita terrestre es elíptica, el valor en los confines de la atmósfera terrestre varía aproximadamente un ±3,2 % con respecto a su promedio anual, con un pico alrededor del 3 de enero y un mínimo alrededor del 4 de julio. Dada su magnitud, el sol es una fuente importante de luz diurna, pero sólo si se controla y distribuye adecuadamente dentro de un espacio. El sol también puede ser una fuente significativa de deslumbramiento y ganancia de calor, razón por la cual muchos sistemas de luz diurna intentan bloquear la luz solar directa y transmitir la luz difusa del cielo y el suelo. La posición siempre cambiante del sol en el cielo presenta un gran desafío cuando se intenta redirigir, controlar o eliminar la luz solar directa. La posición del sol se expresa en términos de dos ángulos: la altitud solar, en (el ángulo vertical del sol sobre el horizonte), y el azimut solar, como (el ángulo horizontal del sol medido desde una dirección polar sur con ángulos positivos en dirección oeste). Consulte la Figura 7.2. Las ecuaciones para calcular la posición del sol se proporcionan en 7.1.5 Posición solar.

FIGURA 7.1 | MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL

Las trayectorias representativas del sol a lo largo del año. La posición solar es relativa al centro del gran círculo que rodea el edificio. Los arcos representan el día 21 de cada mes, mientras que los bucles representan posiciones solares en la parte superior de cada hora (en tiempo solar). La forma de estos bucles de una sola hora es el efecto de la ecuación del tiempo (ecuación 7.2). El camino más bajo del sol ocurre en el solsticio de invierno y el camino más alto en el solsticio de verano. Las sombras renderizadas en estas figuras permiten la evaluación de la penetración de la luz solar a través de las aberturas de la luz del día en los espacios. Tenga en cuenta que la herramienta de software utilizada para generar estas imágenes (Ecotect™) coloca el azimut solar de cero grados en el norte en lugar del sur.

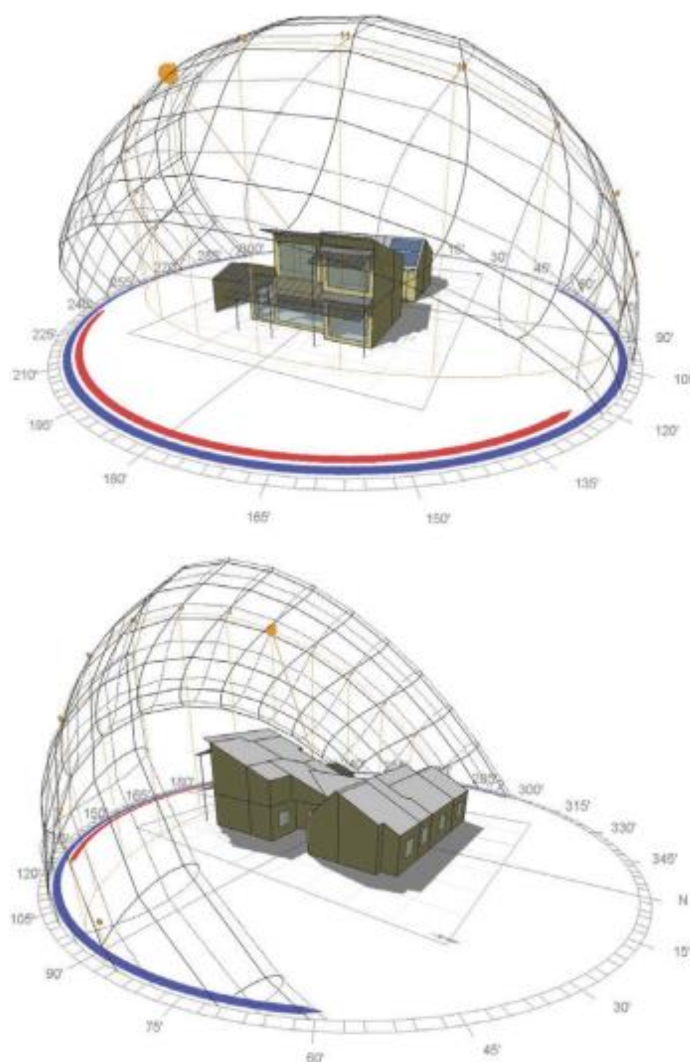
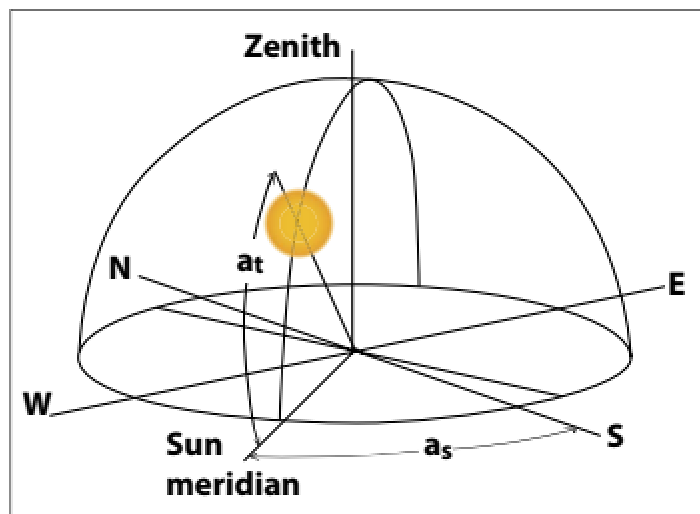


FIGURA 7.2 | POSICIÓN SOLAR

La altitud solar (a_t) y el azimut solar (a_s) definen la posición del sol en el cielo.



7.1.2 EL CIELO

Un cielo despejado se vuelve luminoso a través de la dispersión Rayleigh de la luz solar por las moléculas de aire, pequeñas partículas de vapor de agua y partículas en la atmósfera. La luz de longitudes de onda más cortas se dispersa más que las longitudes de onda más largas, dando al cielo su color azul. Cuando hay nubes, reflejan y difunden la luz solar con una influencia mínima en el espectro. A los efectos de la luz diurna, el cielo se considera un hemisferio luminoso que proporciona luz desde múltiples direcciones con una distribución de luminancia que varía según la posición solar y las condiciones atmosféricas. La naturaleza altamente difusa de la luz del día desde el cielo es todo lo contrario de la luz solar directa, que es altamente direccional. Para la luz del día que incide en un plano horizontal, como el suelo o el techo de un edificio, un cielo sin obstrucciones cubre todo el campo de visión. Para una superficie vertical como una ventana, el cielo abarca la mitad de todas las posibles direcciones de luz incidente, y el suelo cubre la otra mitad.

Se han desarrollado múltiples modelos de distribución de la luminancia del cielo para estudiar el rendimiento de la luz del día, y se aplican en herramientas de software de iluminación y para iluminación diurna. IES ha desarrollado cielos estándar para condiciones despejadas, nubosas y nubladas [4]. Para modelos más complejos (ver 7.1.6.1) Pérez y CIE Skies) están diseñados para simular condiciones basadas en datos meteorológicos y describir una gama mucho más amplia de condiciones del cielo para estudiar y comparar el rendimiento anual del sistema en un sitio para el que se dispone de datos meteorológicos. Los siguientes párrafos proporcionan una descripción general de los modelos de cielo IES para los cuales se proporcionan ecuaciones en el formulario.

Bajo un cielo despejado, la región circunsolar es la más brillante, con una luminancia significativamente menor directamente opuesta al sol en azimut, y aproximadamente a 90 grados del sol en un plano vertical. El horizonte es relativamente brillante debido a la mayor dispersión atmosférica en ángulos de baja altitud. La figura 7.3 ilustra las luminancias proporcionadas por un cielo despejado representativo.

Un cielo nublado estándar oscurece completamente el sol, tiene simetría azimutal y es aproximadamente 2,5 veces más brillante en el cenit que en el horizonte, como se ilustra en la Figura 7.4. Debido a su simetría, la iluminancia vertical en la fachada de un edificio es independiente de la orientación bajo un cielo nublado.

Existe una amplia gama de condiciones del cielo entre un cielo totalmente despejado y nublado. El modelo estándar de cielo parcialmente nublado es un promedio de estos. La Figura 7.5 muestra la distribución de luminancia de la bóveda celeste para un cielo parcialmente nublado estándar. Los modelos más avanzados de Pérez y CIE brindan condiciones de cielo que oscurecen el sol en diversos grados, al mismo tiempo que abordan la distribución de luminancia del cielo en estas condiciones.

FIGURA 7.3 | MAPA DE LUMINANCIA DE CIELO DESPEJADO

Un cielo despejado estándar tiene su luminancia más alta en la región circunsolar, que es claramente visible en este mapa de luminancia para una altitud solar de 50°. Directamente opuesto al sol, un cielo despejado tiene una luminancia relativamente baja. El cielo es algo más brillante cerca del horizonte debido a la dispersión de partículas. Consulte la escala de luminancia a continuación.

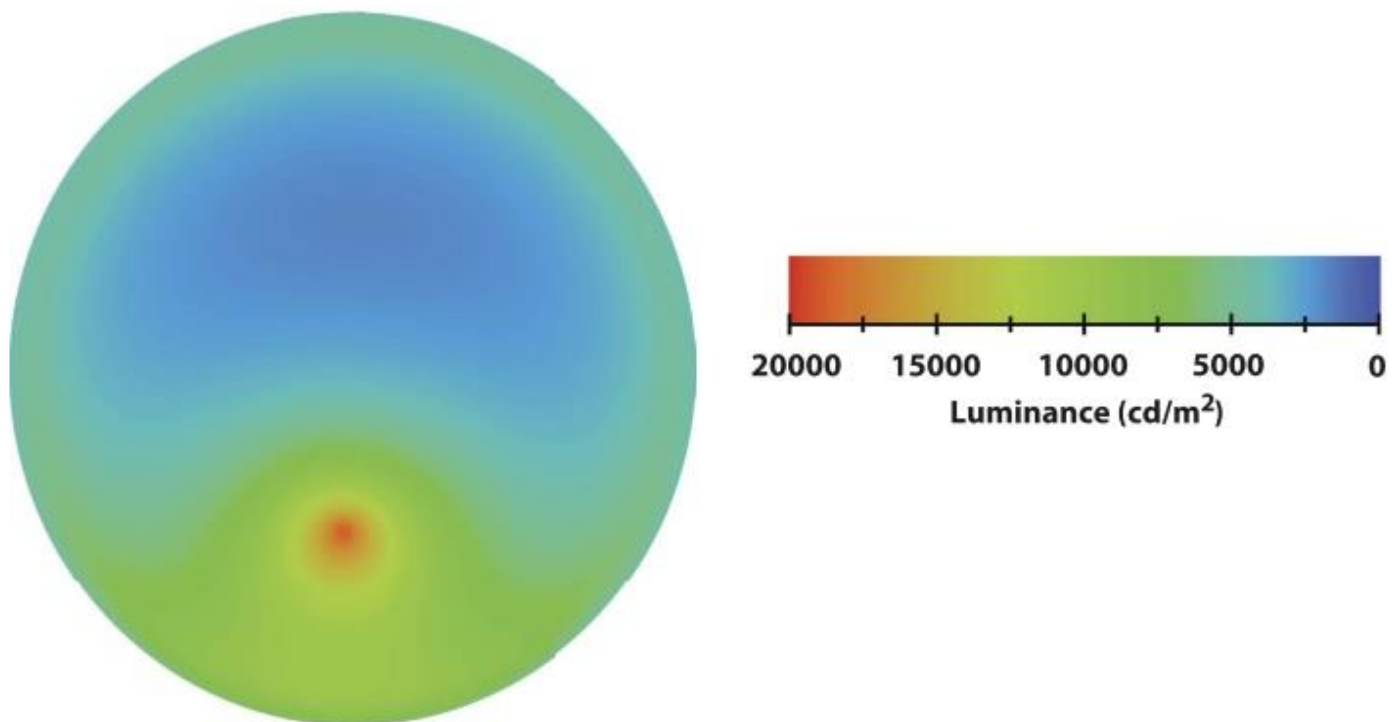


FIGURA 7.4 | MAPA DE LUMINANCIA DE CIELO NUBLADO

Un cielo nublado estándar es azimutalmente simétrico, casi 3 veces más brillante en el cenit que en el horizonte, y más brillante que un cielo despejado en la dirección opuesta al sol. La posición solar de 50° de altitud está completamente bloqueada. Consulte la escala de luminancia a continuación.

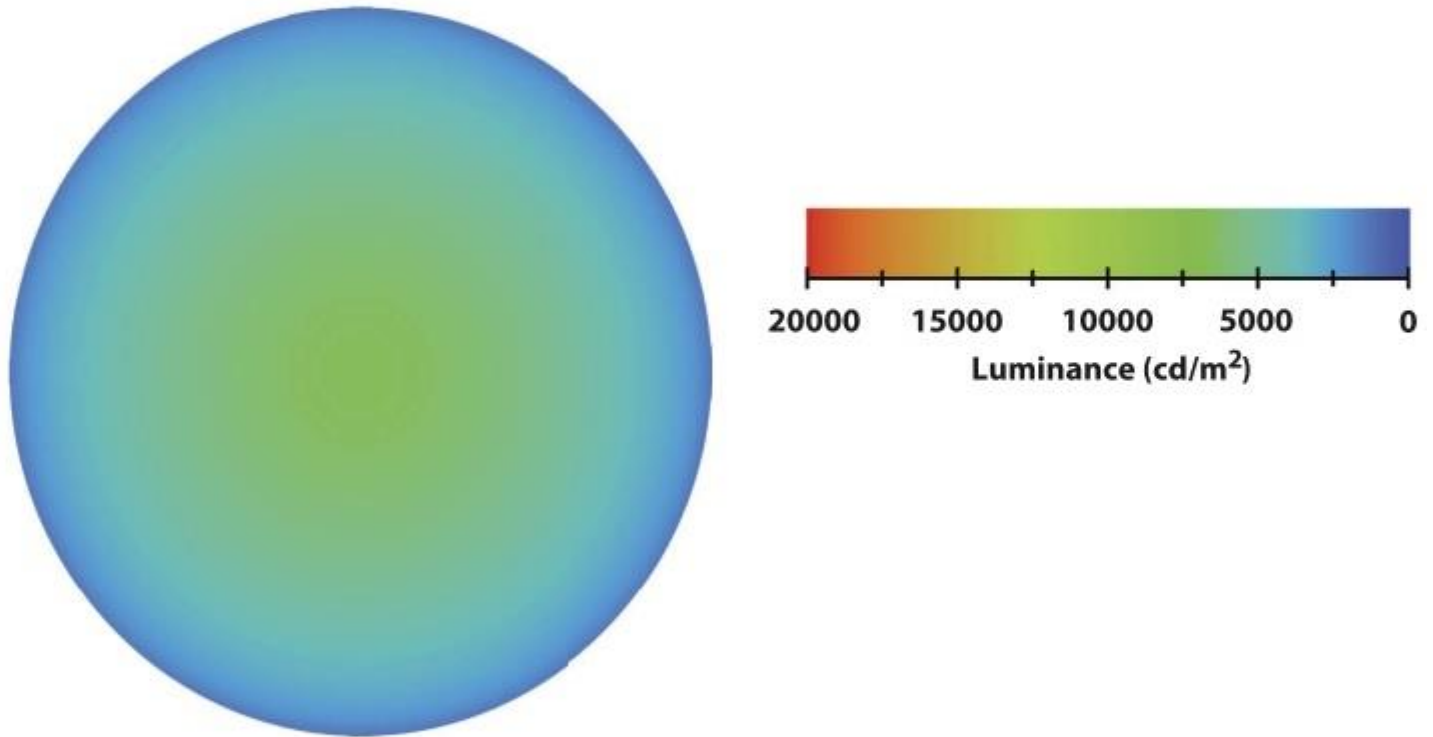
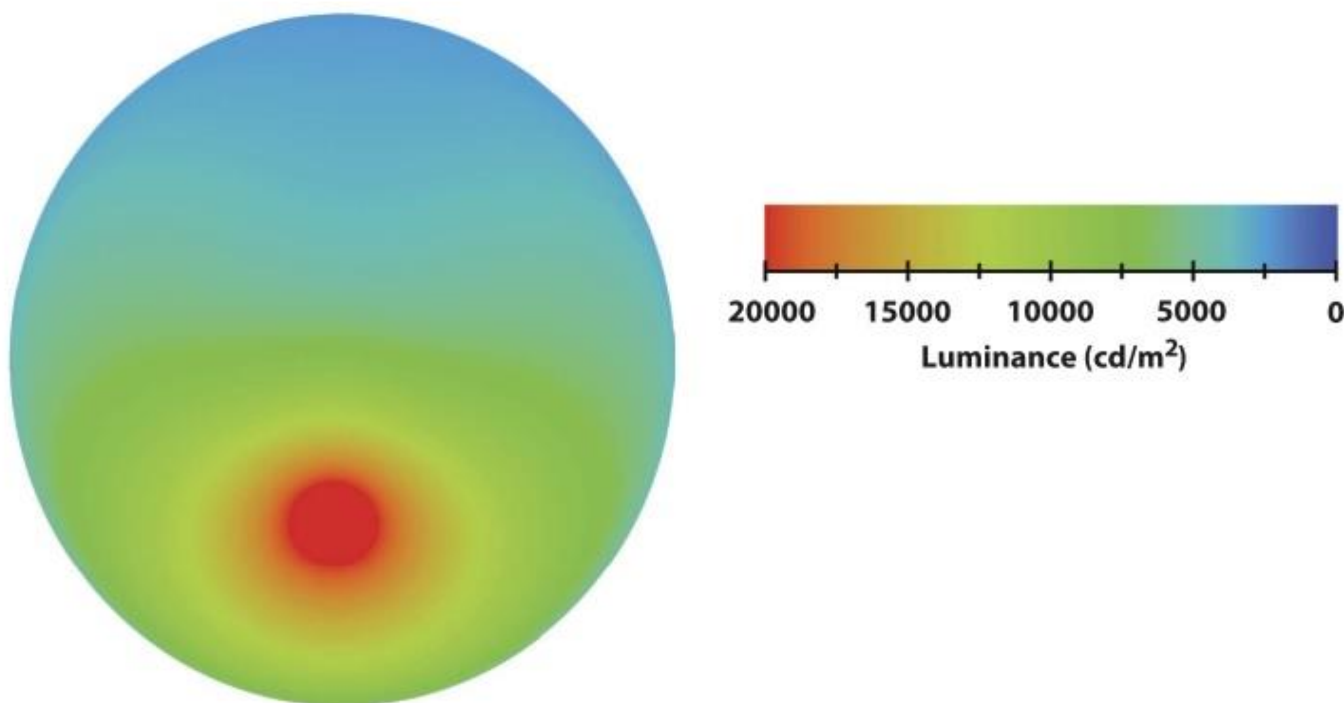


FIGURA 7.5 | MAPA DE LUMINANCIA DE CIELO PARCIALMENTE NUBLADO

Un cielo parcialmente nublado estándar tiene una luminancia de cielo relativamente alta en todas las direcciones con una región circunsolar amplia y brillante, como se muestra en este ejemplo de 50° de altitud. A través de la cúpula del cielo, estas luminancias representan lo que podría experimentar una fina capa de nubes altas.



7.1.3 LUZ DIURNA REFLEJADA EXTERNAMENTE

Si bien el sol y el cielo son las principales fuentes de luz diurna, la luz reflejada externamente desde el suelo y las estructuras u objetos adyacentes también contribuye con el flujo luminoso a las aberturas de luz diurna. Para una ventana vertical en un sitio plano, el suelo abarca la mitad inferior del campo de visión. Al igual que los tragaluces, la luz del suelo suele ser difusa, con su luminancia en función de la reflectancia del suelo, las condiciones del cielo y las sombras y los reflejos proporcionados por los objetos circundantes. La luz reflejada desde el suelo proporciona una importante contribución a la luz del día, ya que se dirige a través de aberturas verticales hacia el techo y las paredes. La fracción de la luz natural incidente total en una fachada vertical que llega desde el suelo puede variar desde menos del 10 % hasta un 70-80 % con una reflectancia del suelo del 20 %. Las fracciones más bajas se producen cuando la luz solar directa incide sobre la fachada, mientras que las más altas se producen en una fachada de espaldas al sol en un día despejado, cuando el cielo es azul intenso y el suelo está iluminado por el sol. Bajo un cielo encapotado, la contribución del suelo suele rondar el 20%. La reflectancia del suelo puede variar significativamente, como se muestra en la Tabla 7.1. Las superficies de suelo de colores claros, como la arena y la nieve, darán como resultado una mayor contribución del suelo. Objetos como árboles, edificios vecinos y otras partes del mismo edificio pueden limitar la vista del suelo o el cielo desde una abertura de luz diurna. En estas situaciones, la luz del día de partes del cielo o del suelo es reemplazada por la luz reflejada por el objeto que obstruye, lo que puede aumentar o disminuir la luz del día entregada al interior de un edificio.

7.1.4 ESPECTRO

Los espectros de luz diurna son continuos y tienen casi la misma energía por longitud de onda. Debido a que la distribución espectral de la luz diurna cambia con la posición solar, así como con las condiciones del cielo, la Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE) ha adoptado distribuciones de energía radiante espectral estándar para la luz diurna, como se ilustra en la Figura 7.6 [5]. Estos SPD se utilizan como fuentes de referencia para la evaluación de CRI para fuentes de luz con CCT de 5000 K o superior. La figura 7.6 se basa en promedios de 10 nm, lo que proporciona una curva relativamente suave. Cuando las mediciones se toman a intervalos de 1 nm, la curva contiene algunas bandas de absorción marcadas, como se ve en la Figura 1.7. De la energía solar recibida en la superficie terrestre, aproximadamente el 45% es radiación visible bajo un cielo despejado. El resto está en las regiones ultravioleta (=5%) e infrarroja (=50%). La cantidad de energía total y visible recibida varía con las condiciones atmosféricas y la distancia que la luz debe recorrer a través de ella, que varía con la elevación del sitio (por ejemplo, ocurre menos atenuación en Denver que en Miami) y con la altitud solar. La eficacia luminosa de la luz del día varía con las condiciones del cielo. El promedio global general a lo largo de un año generalmente está en el rango de 105-110 lúmenes por vatio. La eficacia del rayo solar es relativamente baja, aproximadamente de 70 a 95 lúmenes por vatio, mientras que la luz del cielo es generalmente del orden de 115 a 120 lúmenes por vatio para un cielo nublado y de 120 a 160 o más lúmenes por vatio para un cielo despejado. [6]. Los acristalamientos espectralmente selectivos pueden aumentar la eficacia de la luz del día que ingresa a un edificio al excluir una fracción mayor de las longitudes de onda no visibles.

El impacto resultante de la eficacia de la luz del día es bastante diferente al de la eficacia de la luz eléctrica. Los vatios asociados con la luz del día que ingresa a un edificio se obtienen como ganancia de calor dentro de un edificio, mientras que con la iluminación eléctrica, estos vatios también deben gastarse para alimentar la fuente de luz. Si las pérdidas térmicas son bajas y los niveles de luz natural interior o las pérdidas del sistema no son excesivas, esto puede generar una ventaja energética para la iluminación natural.

Tabla 7.1/ Reflectancia de los Materiales del Suelo

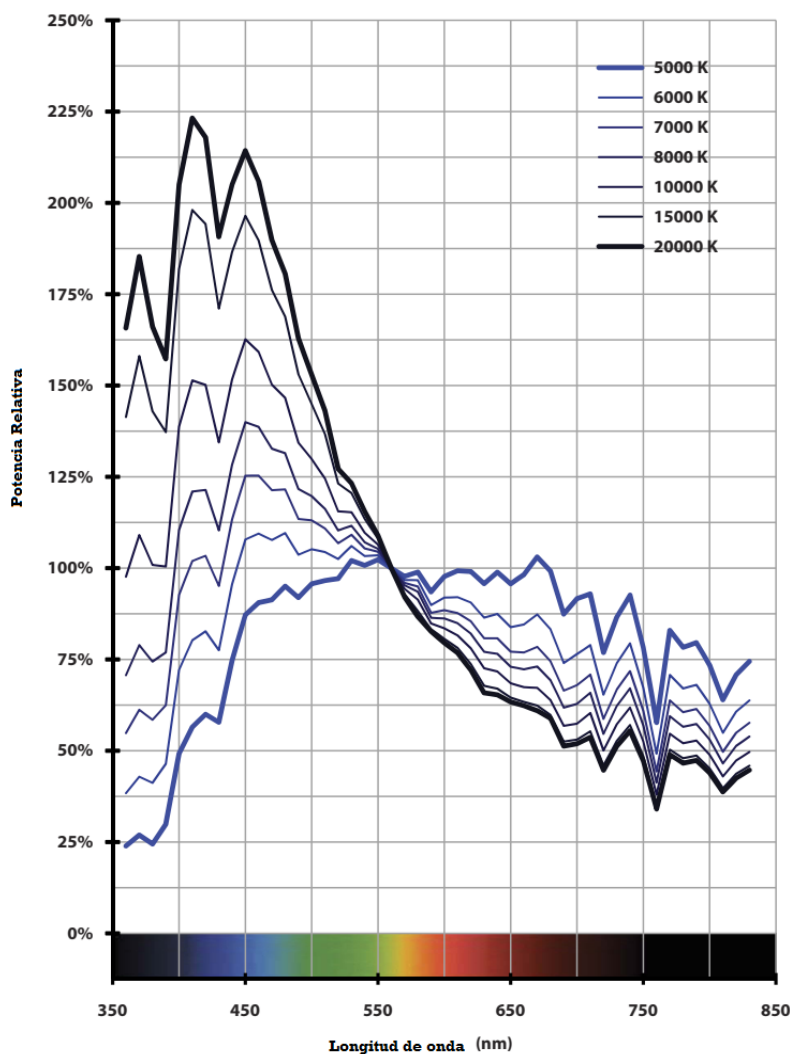
Material	Reflectancia (porcentaje)
Ladrillo	
- Pulido claro	48
-Pulido oscuro	40
-Esmaltado rojo oscuro	30
Concreto	40
Asfalto (libre de suciedad)	7
Cesped (verde oscuro)	6
Grava	13
Pizarra (arcilla oscura)	8
Nieve	
-Nueva	74
-Vieja	64
Vegetación (media)	25

7.1.4.1 CCT

La luz del día tiene una temperatura de color fría, con luz solar de mediodía de alto ángulo generalmente alrededor de 5000 K. La luz del día recibida de un cielo azul claro tiene una temperatura de color significativamente más alta y depende de la orientación relativa al sol, con valores que superan los 20000 K de espaldas al sol. El CCT para la luz diurna proporcionada por un cielo nublado generalmente está en el rango de 5500 K. Sólo cerca del amanecer y el atardecer la luz solar directa se vuelve más cálida en la escala CCT, cuando puede caer hasta 2000 K. En estos momentos, las longitudes de onda más cortas son eliminadas por la dispersión atmosférica del haz de luz solar, lo que reduce la CCT y crea amaneceres y atardeceres coloridos en naranja y rojo. En general, la CCT de la luz del día que incide sobre una apertura será de 5000 K o más la mayor parte del tiempo, y es una función de la cantidad de luz recibida del sol, el cielo y el suelo, así como de las condiciones del cielo y la orientación de la apertura. El material de acristalamiento que no es espectralmente neutral alterará la composición de la luz transmitida y cambiará el CCT de la luz del día dentro de un espacio.

Figura 7.6 **| SPD DE LUZ DIURNA**

Las distribuciones de potencia espectral CIE estándar para diferentes CCT de luz diurna, normalizadas a 560 nm, utilizando datos de ancho de banda de 10 nm.



7.1.4.2 REPRODUCCIÓN DE COLOR

La salida de luz diurna continua y relativamente uniforme en todo el espectro visible ofrece una reproducción de color relativamente consistente y de alta calidad. Los colores tienden a adquirir su tonalidad "natural" bajo la luz del día, aunque ciertas condiciones de la luz del día pueden crear CCT muy altos, lo que alterará la apariencia del color de los materiales debido al componente azul relativamente grande. Dado que los espectros de luz diurna estandarizados sirven como fuente de referencia para determinar el CRI para fuentes de luz por encima de 5000 K, el CRI de la luz diurna generalmente está cerca del 100. Sin embargo, al igual que con CCT, la transmitancia espectral de los materiales de acristalamiento puede alterar las características de reproducción cromática de la luz del día.

7.1.5 POSICIÓN SOLAR

La posición del sol se especifica mediante dos ángulos, la altitud solar, y el azimut solar, como (ver Figura 7.2). La altitud solar es el ángulo vertical de la posición del sol con respecto al horizonte, mientras que el azimut solar denota la posición del sol en un plano horizontal medido desde el sur (tenga en cuenta que algunas fuentes miden el azimut solar desde el norte). Ambos ángulos son una función de la latitud del sitio, la hora solar y la declinación solar (la inclinación del eje de la tierra con respecto al sol, que es una función del día calendario).

7.1.5.1 UBICACIÓN DEL SITIO

La ubicación de un sitio es una entrada para determinar la posición solar y se especifica tanto por su latitud, ℓ, como por su longitud, L. Estos valores se pueden determinar para la mayoría de los sitios usando un atlas o Internet. Las convenciones para expresar latitudes utilizadas en las ecuaciones que se encuentran en este manual son:

Positivo = hemisferio norte

Negativo = hemisferio sur

Los convenios utilizados para expresar longitudes son:

Positivo = oeste del meridiano principal (Greenwich, Reino Unido)

Negativo = este del meridiano principal

7.1.5.2 HORA SOLAR

Para determinar la posición del sol, primero es necesario determinar la hora solar, que se basa en la hora local y la ubicación del sitio. Se utiliza un reloj de 24 horas para expresar el tiempo. Se deben considerar tres ajustes al convertir la hora local a la hora solar.

1. Si el horario de verano está vigente, se debe restar una hora de la hora del reloj local para llegar a la hora estándar, t_s.

$$t_s = t_{local} - 1$$

Dónde:

t_s = **tiempo estándar**

t_{local} = **tiempo local**

2. La Ecuación del Tiempo (ET), que representa la órbita elíptica de la Tierra alrededor del Sol y la inclinación del eje de la Tierra en relación con su plano de órbita, ajusta el tiempo entre -14 y +16 minutos durante el año (consulte la Ecuación 7.2). y Figura 7.7) [7].

$$ET = 0.1644 \sin\left(\frac{4\pi(J-81.6)}{365.25}\right) - 0.1273 \sin\left(\frac{2\pi(J-2.5)}{365.25}\right) \quad (7.2)$$

Dónde:

ET = **Ecuación de corrección del Tiempo , en horas decimales (por ejemplo, 1:30 p.m.= 13,5**

J = **día Juliano, un número entre 1 y 365**

Si bien esta ecuación debería ser suficiente para la mayoría de las aplicaciones, Meeus [8] proporciona una ecuación más precisa y menos simplificada.

3. La corrección de longitud representa la longitud de los sitios en relación con el meridiano estándar de una zona horaria (su longitud central). Las zonas horarias tienen nominalmente 15 grados de ancho, por lo tanto, el mediodía solar en los límites este y oeste de una zona horaria ocurre aproximadamente media hora antes y media hora más tarde que en el meridiano estándar, y las posiciones intermedias reciben correcciones correspondientemente menores en función de su posición dentro de la zona horaria. El tiempo solar, t, se calcula a partir del tiempo estándar, t_s, usando la siguiente ecuación, donde el término más a la derecha es la corrección de longitud.

$$t = t_s + ET + \frac{12 \times (SM - L)}{\pi}$$

Dónde:

t = **tiempo solar en horas decimales**

t_s = **tiempo estándar en horas decimales**

ET = **tiempo de la Ecuación 7.2 en horas decimales**

SM = **meridiano estándar para el tiempo en la zona y en radianes**

L = **longitud correspondiente al lugar en radianes**

Para aplicar SM y L en grados utilice:

$$t = t_s + ET + \frac{12 \times (SM - L)}{180} \qquad (7.4)$$

Dónde:

t = **tiempo solar en horas decimales**

t_s = **tiempo estándar en horas decimales**

ET = **tiempo de la Ecuación 7.2 en horas decimales**

SM = **meridiano estándar para el tiempo en la zona y en radianes**

L = **longitud correspondiente al lugar en radianes**

7.1.5.3 ÁNGULOS SOLARES

El acimut solar y la altitud definen la posición del sol y se determinan a partir de la energía solar, tiempo y latitud del sitio a través de una serie de ecuaciones. Las gráficas para determinar ángulos solares basado en la hora solar y el día juliano (1-365) se proporcionan en la Figura 7.8 para un rango de latitudes para el lugar.

Para calcular la posición solar, primero se debe determinar la declinación solar, δ.

$$\delta = 0.4093 \sin\left(\frac{2\pi(J - 81)}{368}\right) \qquad (7.5)$$

Dónde:

δ = **declinación solar en radianes**

J = **fecha Juliana**

La altitud solar a_t, en el ángulo del sol sobre el horizonte, viene dada por

$$a_t = \arcsin\left(\sin \ell \sin \delta - \cos \ell \cos \delta \cos \frac{\pi t}{12}\right) \qquad (7.6)$$

Dónde:

a_t = **altitud solar en radianes**

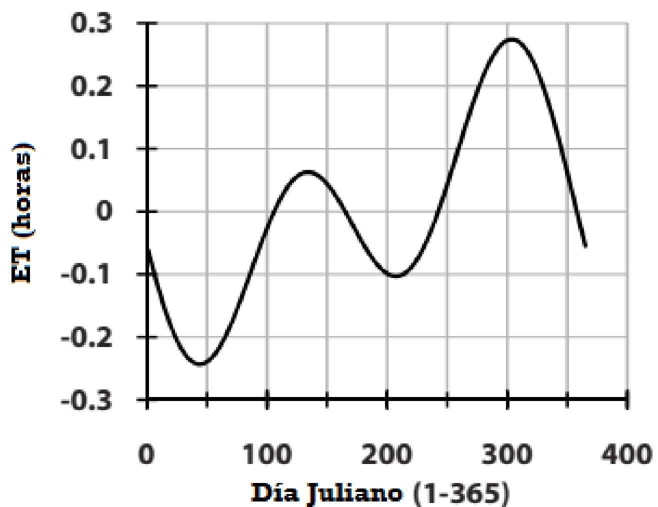
ℓ = **latitud del lugar en radianes**

δ = **declinación solar en radianes**

t = **tiempo solar en horas decimales**

FIGURA 7.7 | ECUACIÓN DE TIEMPO (ET)

Gráfico de la ecuación de corrección de tiempo en función del día juliano.



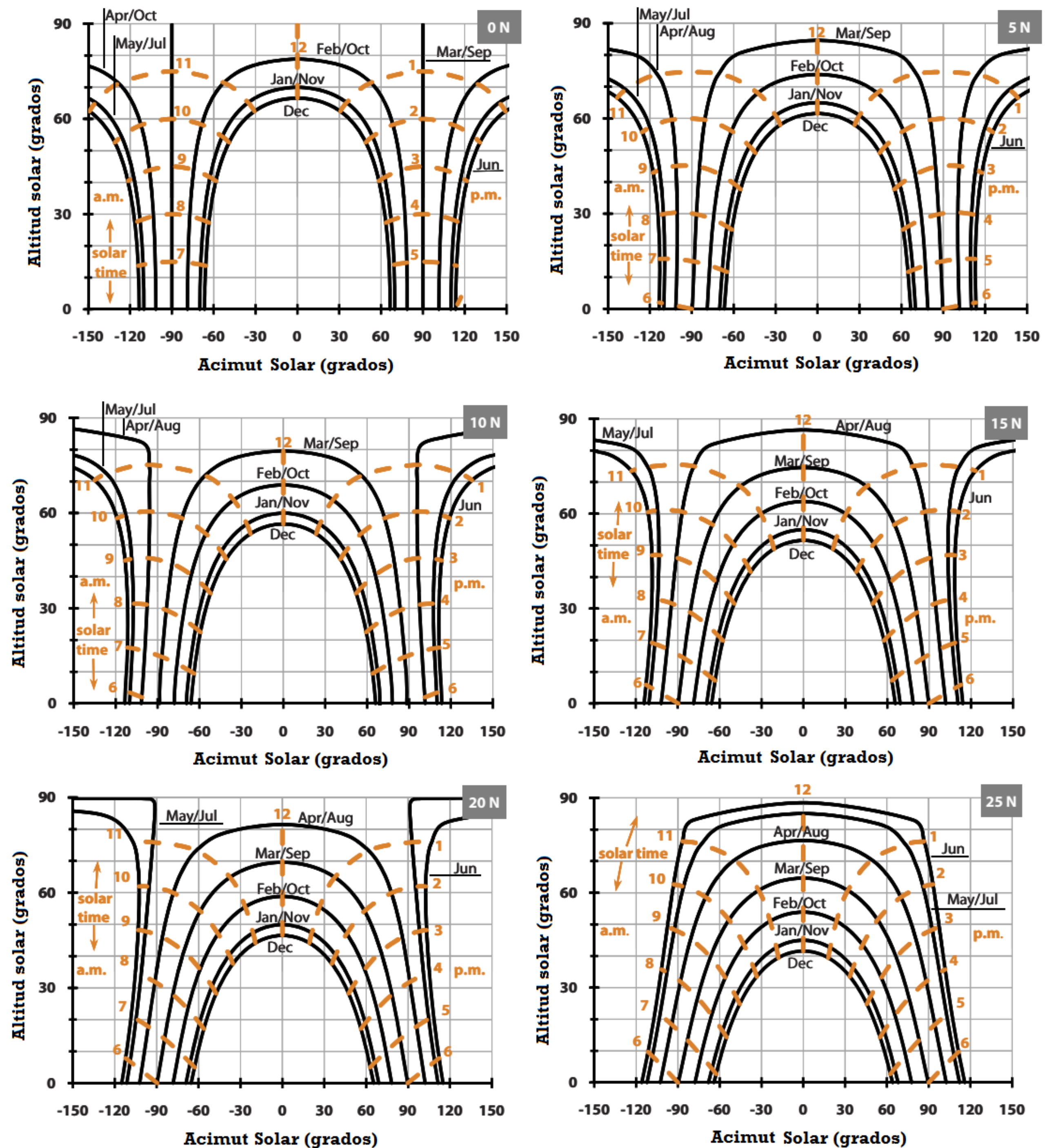


FIGURA 7.8 | POSICIÓN SOLAR

La posición solar definida con ángulos de acimut y altitud para latitudes del sitio de 0 N a 55 N.

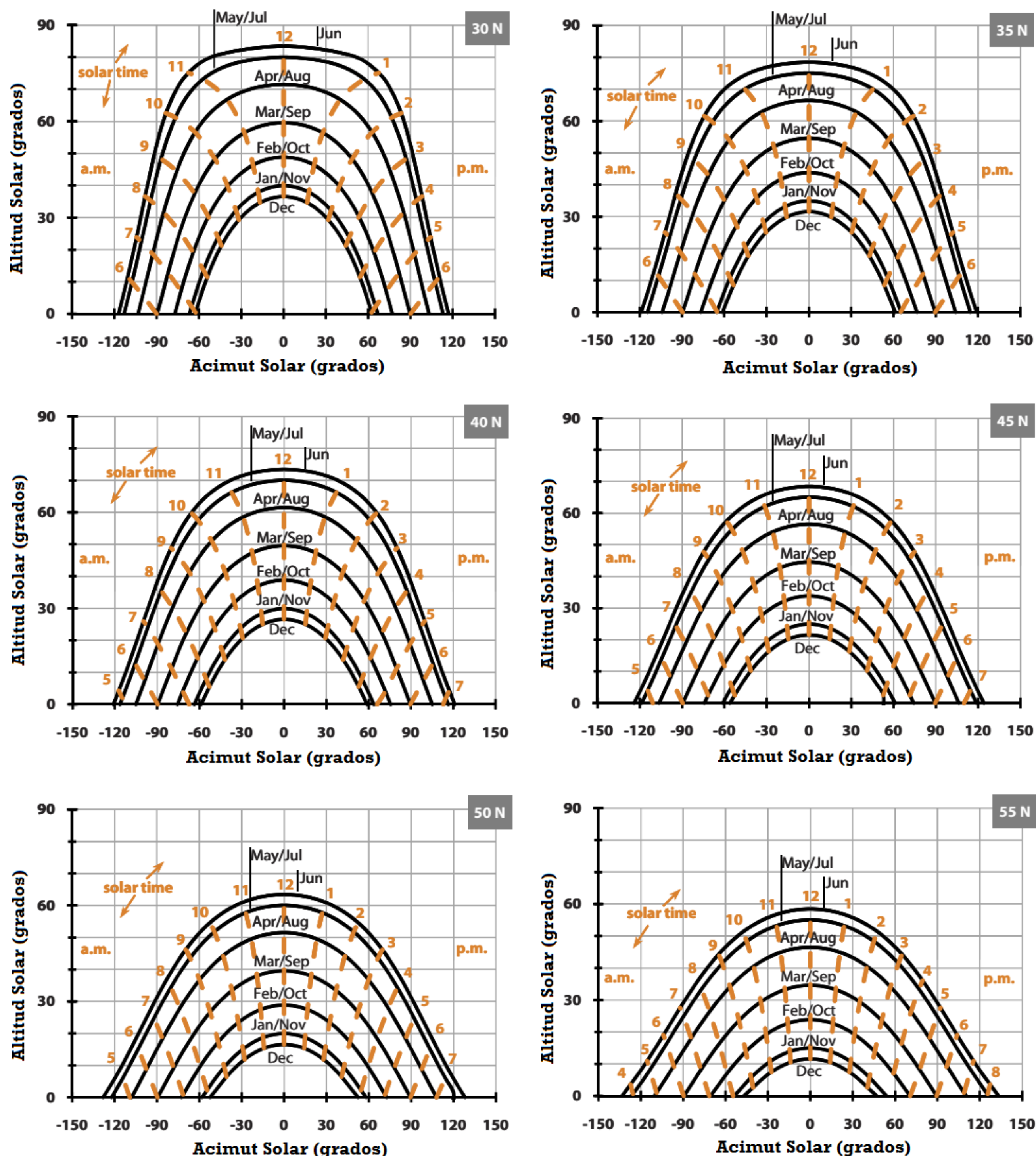


Figura 7.8 / Posición Solar (continuación)

Si el sol está sobre el horizonte, esta ecuación devuelve un ángulo entre 0 y π_2. La altitud solar es negativa cuando el sol está por debajo del horizonte. El acimut solar, como el ángulo horizontal de la posición del sol medido desde el sur, se determina de la siguiente manera.

$$a_s = \arctan\left[\frac{-\cos\delta \sin\frac{\pi t}{12}}{-\left(\cos\ell \sin\delta + \sin\ell \cos\delta \cos\frac{\pi t}{12}\right)}\right] \qquad (7.7)$$

Dónde:

a_s = **ángulo acimut solar en radianes**

δ = **declinación solar en radianes**

ℓ = **latitud del lugar en radianes**

t = **tiempo solar en horas decimales**

El acimut solar puede oscilar entre **-π** o **+π**, con ángulos negativos al este del sur y ángulos positivos al oeste del sur. Para lograr el rango completo de ángulos requeridos, la función **arctan** utilizada en la ecuación anterior debe ser capaz de evaluar el signo tanto del numerador como del denominador para ubicar el ángulo en el cuadrante apropiado y asignarle el valor correcto.

7.1.5.4 ÁNGULOS SOLARES RELATIVOS A UNA SUPERFICIE VERTICAL

Al analizar los sistemas de luz diurna, a menudo es necesario determinar el ángulo de incidencia, a_i, en el que la luz solar incide en una abertura, como se muestra en la figura 7.9. Para una abertura vertical, como una ventana, este ángulo se basa en el acimut de elevación solar, a_z, el ángulo de acimut del sol en relación con el acimut de elevación de una fachada, como se ilustra en la Figura 7.10.

$$a_z = a_s - a_e \qquad (7.8)$$

Dónde:

a_z = **acimut de la elevación solar en radianes**

a_s = **acimut solar en radianes**

a_e = **acimut de la elevación en radianes**

Ambos ángulos positivos se miden en el sentido de las agujas del reloj, tanto con a_e como a_s con referencia desde el sur. El ángulo de incidencia de una superficie vertical es el ángulo entre un vector normal a la superficie y la dirección al sol, como se muestra en la Figura 7.9, y es igual a:

$$a_i = \arccos(\cos a_t \cos a_z) \qquad (7.9)$$

Dónde:

a_i = **ángulo incidente en radianes**

a_t = **altitud solar en radianes**

a_z = **acimut de la elevación solar en radianes**

El ángulo del perfil, a_p, es la altura aparente del sol relativa a una superficie vertical de interés (Figura 7.9) y se calcula mediante la Ecuación 7.10. Se puede utilizar para evaluar la distancia de penetración de la luz solar o el impacto de sombreado de un voladizo o estante de luz.

$$a_p = \arctan\left(\frac{\sin a_t}{\cos a_i}\right) = \arctan\left(\frac{\tan a_t}{\cos a_z}\right) \qquad (7.10)$$

Dónde:

a_p = **perfil angular en radianes**
a_t = **altitud solar en radianes**
a_i = **ángulo de incidencia en radianes**
a_z = **acimut de la elevación solar en radianes**

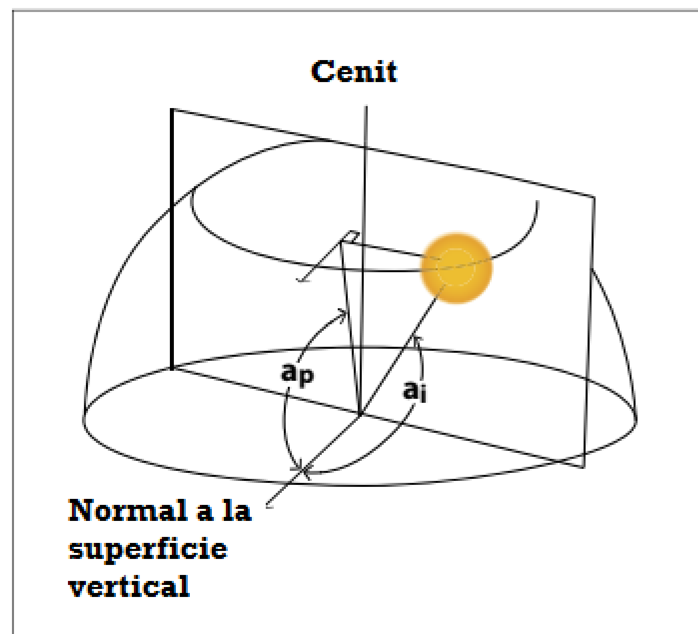


FIGURA 7.91 ÁNGULOS DE INCIDENCIA Y DE PERFIL
Los ángulos de incidencia y de perfil de la luz solar que incide sobre una superficie vertical.

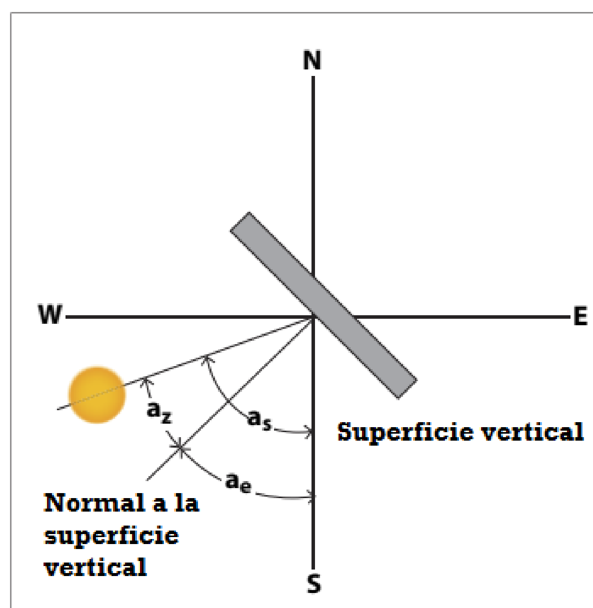


FIGURA 7.10 | ÁNGULOS DE ACIMUT

El acimut solar, a_s, es una medida de la posición del acimut del sol en relación con el sur. El acimut de elevación solar, a_z, es la posición de acimut del sol en relación con el acimut de elevación de un edificio, a_e, como se muestra.

7.1.6 DISPONIBILIDAD DE LUZ NATURAL

Los cálculos de iluminación para la iluminación natural son considerablemente más complejos que para la iluminación eléctrica. La determinación de la iluminancia incidente en ventanas y tragaluces, o la distribución de la luz del día dentro de un espacio, debe tener en cuenta la posición solar relativa a la apertura de la luz del día, así como las condiciones del cielo. La frase "disponibilidad de luz diurna" se refiere a la cantidad de luz proporcionada por el sol, el cielo y el suelo en una ubicación, orientación, hora, fecha y condiciones del cielo específicas. Las mediciones de la iluminancia diurna y la luminancia del cielo realizadas por investigadores de todo el mundo han dado como resultado valores medios muy similares para las contribuciones del sol y el cielo [9]. Las fórmulas para estimar la iluminancia diurna disponible se han derivado de estos valores. Debido a que estos se ajustan mejor a los valores promedio, es poco probable que coincidan con los valores instantáneos, y no es inusual que los valores instantáneos sean más del doble o menos de la mitad de estos valores medios de diseño. El cálculo de la disponibilidad de luz natural en un sitio comienza con la determinación de la posición solar. Para una condición particular del cielo, las ecuaciones estándar pueden proporcionar la iluminancia diurna para un cielo completo o medio cielo en un plano horizontal o vertical, o la distribución de luminancia completa del cielo. Las herramientas de software generalmente aplican patrones de luminancia del cielo para determinar la luz del día disponible en las aberturas de la luz del día y pueden abordar situaciones complejas que involucran una vista parcial del cielo. Las ecuaciones se proporcionan en el Formulario 7.9: Disponibilidad de luz diurna de los cielos estándar de IES para calcular la iluminancia horizontal y vertical disponible bajo los cielos despejados, parcialmente nublados y nublados estándar, así como la iluminancia solar normal directa y las distribuciones de luminancia del cielo bajo estos cielos. Los resultados de muestra de estos modelos de cielo se proporcionan en la Figura 7.11 para la contribución directa (solar) en superficies horizontales y verticales, en la Figura 7.12 para las contribuciones del cielo a estas superficies.

Históricamente, estos valores de iluminancia de luz diurna exterior se han utilizado en técnicas simples de cálculo manual, como el método de lúmenes para iluminación superior (consulte el formulario) y el método de lúmenes para iluminación lateral [10], pero también son valiosos para evaluar cómo la disponibilidad de luz del sol y el cielo varían con la orientación y la posición solar bajo estas condiciones generales del cielo.

7.1.6.1 LOS ARCHIVOS PEREZ Y CIE SKIES

Los archivos weather (Clima) se utilizan con frecuencia para modelar condiciones térmicas y solares específicas del sitio en simulaciones de energía de edificios. Pérez realizó escaneos de luminancia de cielo completo y desarrolló una serie de ecuaciones que producen condiciones de cielo representativas basadas en condiciones de insolación solar y medidas globales [11] [12]. Se ha demostrado que estos modelos de cielo, que a menudo se denominan cielos de Pérez, funcionan razonablemente bien [6]. De manera similar, la CIE desarrolló una serie de 15 cielos [13] que se pueden usar para modelar las condiciones del cielo en función de la iluminancia medida y los datos de luminancia cenital. Mediante la simulación de las condiciones del cielo a partir de datos meteorológicos específicos del sitio, normalmente TMY2, TMY3 (conjuntos de datos del año meteorológico típico), EPW (archivo Energy Plus Weather) o CWEC (archivos del tiempo canadiense para el cálculo de energía) [14] [15] [16] [17], el rendimiento del sistema de luz diurna y los ahorros de energía de iluminación proporcionados por los sistemas de control de iluminación basados en fotosensores se pueden modelar a lo largo de un año. Se ha demostrado que un modelo estocástico para transformar estos valores de luz diurna por hora en datos variables de un minuto mejora aún más la correlación con las condiciones variables de tiempo del mundo real [18].

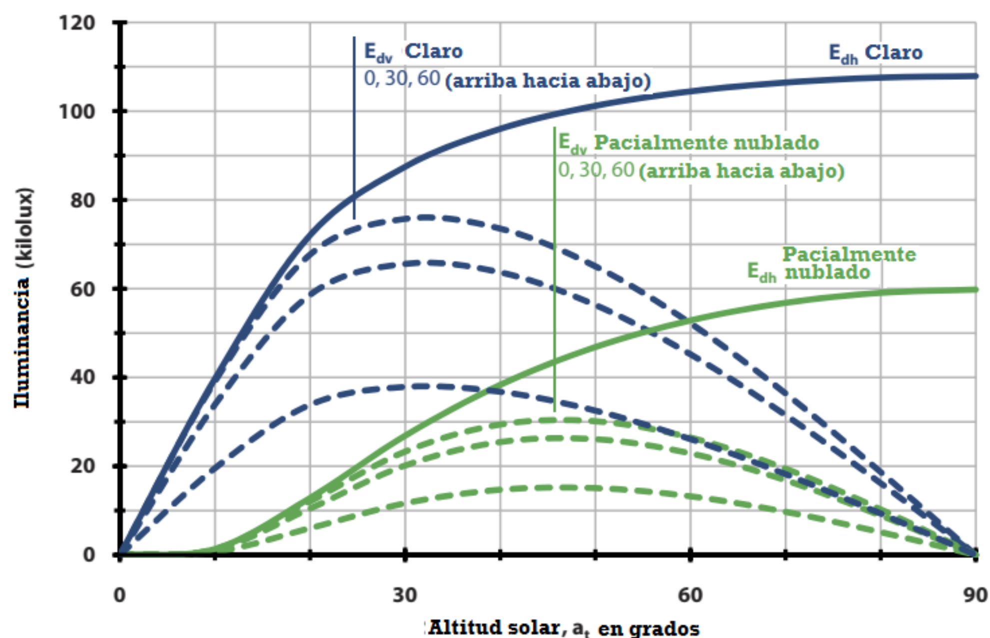


FIGURA 7.11 | ILUMINANCIA SOLAR DIRECTA DE MODELOS DE CIELO ESTÁNDAR

La iluminancia directa del sol sobre una superficie horizontal (E_{dh}) y sobre una superficie vertical (E_{dv}) en diferentes ángulos acimutales de elevación solar utilizando los modelos estándar de cielo despejado y parcialmente nublado. La contribución solar bajo un cielo nublado es cero.

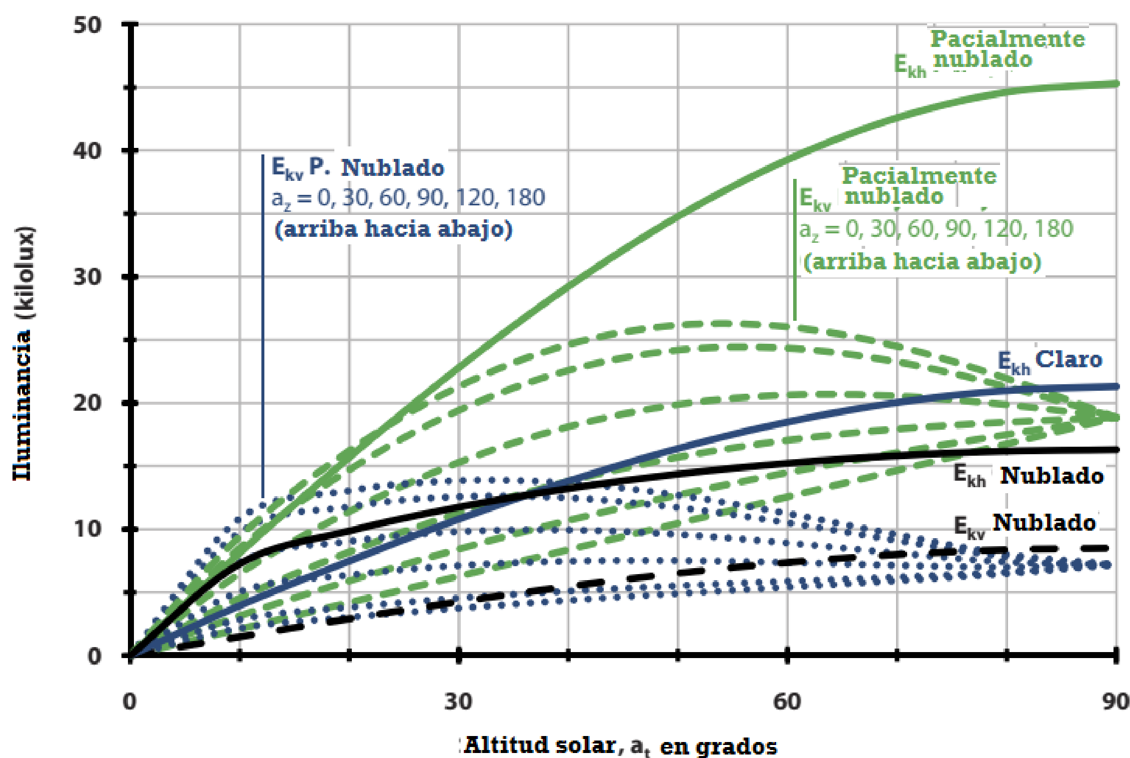


FIGURA 7.12 | ILUMINANCIA DEL CIELO A PARTIR DE MODELOS DE CIELO ESTÁNDAR

Iluminancia del cielo proporcionada sobre una superficie horizontal (E_{kh}) y sobre una superficie vertical (E_{kv}) en diferentes ángulos acimutales de elevación solar utilizando los modelos estándar de cielo despejado, parcialmente nublado y cubierto.

LÁMPARAS DE FILAMENTO 7.2

Las lámparas de filamento consisten en un filamento de alambre montado dentro de un bulbo de vidrio que contiene un gas o un vacío. La radiación óptica se emite cuando el filamento se calienta hasta la incandescencia por el paso de la corriente eléctrica. El fin de la vida útil se debe más comúnmente a la evaporación del tungsteno, lo que conduce a la falla del filamento.

7.2.1 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

La corriente eléctrica pasa a través de un delgado filamento de alambre de tungsteno, calentándolo hasta que emite radiación óptica. La eficacia de la producción de luz depende de la temperatura del filamento: cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la porción de radiación óptica emitida en la región visible. Los principales factores que afectan la temperatura del filamento son: el material del filamento, microestructura y geometría; la composición de la atmósfera y su presión; y la magnitud de la corriente eléctrica. En igualdad de condiciones, la vida útil de la lámpara está inversamente relacionada con la temperatura del filamento. Por lo tanto, es importante en el diseño de una lámpara mantener la temperatura del filamento tan alta como sea compatible con una vida útil satisfactoria.

7.2.2 CONSTRUCCIÓN

Los componentes básicos son un filamento, un bulbo, un relleno de gas y una base, como se ilustra en la Figura 7.13. Cuando el relleno de gas incluye un halógeno, generalmente bromo, la lámpara se denomina lámpara halógena de tungsteno. Cuando se aplica un revestimiento especial a una cápsula halógena de tungsteno para redirigir la radiación infrarroja de regreso al filamento, se conoce como lámpara infrarroja halógena.

7.2.2.1 FILAMENTO

Las primeras lámparas incandescentes usaban filamentos de carbón, osmio y tantalio, pero el tungsteno tiene las propiedades deseables de un alto punto de fusión, baja presión de vapor, alta resistencia y características de radiación y resistencia eléctrica adecuadas. Su punto de fusión de 3382°C permite altas temperaturas de funcionamiento y altas eficacias en comparación con otros materiales de filamentos potenciales. El alambre de tungsteno estirado tiene alta resistencia y ductilidad, lo que permite la uniformidad necesaria para las tolerancias de las lámparas actuales. En algunos diseños de lámparas, el tungsteno se alea con otros metales, como el renio, y el alambre de tungsteno toroidal se usa en filamentos para aplicaciones de servicio rudo.

Menos del 10% de la radiación total de una fuente incandescente se encuentra en la región visible del espectro. A medida que aumenta la temperatura de un filamento de tungsteno, aumenta la proporción de radiación en la región visible y, por lo tanto, aumenta la eficacia luminosa. La eficacia luminosa del alambre de tungsteno desenrollado en su punto de fusión es de aproximadamente 53 lúmenes por vatio. Para obtener una vida útil prolongada, es necesario operar un filamento a una temperatura muy por debajo del punto de fusión, lo que resulta en eficacias más bajas. En las lámparas de filamento de tungsteno, la resistencia en caliente es de 12 a 16 veces mayor que la resistencia en frío, como se resume en la figura 7.14. La resistencia en frío comparativamente baja da como resultado una irrupción inicial de corriente, que puede ser importante en el diseño y ajuste de interruptores automáticos, en el diseño de contactos de interruptores de circuitos de iluminación y en el diseño de atenuadores. Consulte la Tabla 7.2. La irrupción dura sólo una fracción de segundo y es insignificante como carga de energía adicional. Las formas, los tamaños y la construcción del soporte de los filamentos varían ampliamente con los diferentes tipos de lámparas. La Figura 7.15 resume las construcciones típicas. Las formas de los filamentos se designan con una letra o letras seguidas de un número arbitrario. Las letras más utilizadas son: S (recta), lo que significa que el cable está desenrollado; C (enrollado), lo que significa que el cable está enrollado en una bobina helicoidal; y CC (bobina enrollada), lo que significa que la propia bobina está enrollada en una bobina helicoidal. El enrollar el filamento aumenta su eficacia luminosa y formar una bobina enrollada aumenta aún más la eficacia (consulte 7.2.2.4 Relleno de gas y el ciclo del halógeno de tungsteno). Se requieren más soportes de filamento en las lámparas diseñadas para servicio rudo y servicio de vibración que para las lámparas GLS (consulte 7.2.7.1 Servicio de iluminación general (GLS)), que conduce el calor lejos del filamento y disminuye la eficacia. Los diseños de filamentos están determinados por los requisitos de servicio: los filamentos planos como el C-13 se emplean a menudo en proyectores de películas; Los filamentos axiales como C-8 y CC-8 se emplean a menudo en lámparas que tienen reflectores axialmente simétricos, como las lámparas PAR.

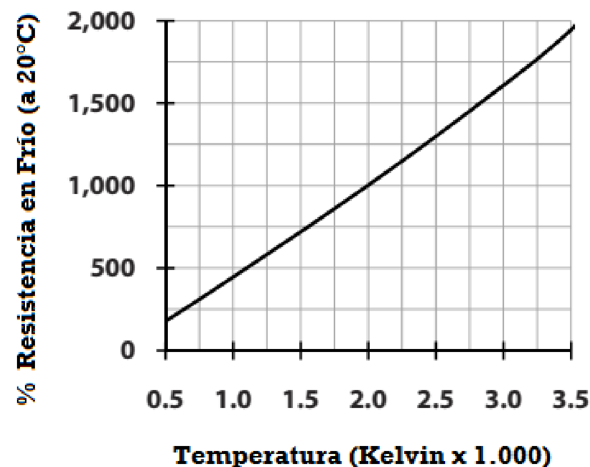
FIGURA 7.13 | CONSTRUCCIÓN DE LÁMPARA DE FILAMENTO INFRARROJO HALÓGENO

Componentes de una lámpara de filamento infrarrojo halógeno PAR38. “Imagen cortesía de General Electric Company”



FIGURA 7.14 | RESISTENCIA FRENTE A TEMPERATURA

La variación de la resistencia en caliente del filamento de tungsteno con la temperatura, como porcentaje de la resistencia en frío.



7.2.2.2 BOMBILLA O BULBO

Las lámparas de filamento del servicio de iluminación general (GLS) tienen una bombilla; es el envoltorio exterior y está hecho de vidrio de cal sodada (blando). Las lámparas de mayor potencia pueden usar vidrio resistente al calor (duro) hecho de borosilicato o un vidrio duro especializado como sílice fundida (cuarzo), alto contenido de sílice o aluminosilicato. El vidrio duro es necesario para las lámparas que tienen focos pequeños y alto potencia, o para evitar que el vidrio se rompa

debido a la humedad u otros factores ambientales. Las lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno pueden tener una o dos bombillas. Cuando se utiliza una construcción de bulbo dentro de un bulbo, el bulbo interior se conoce como cápsula. Por lo general, está hecho de cuarzo o vidrio duro en lugar de vidrio blando para soportar las temperaturas más altas de la pared del bulbo requeridas para el ciclo del halógeno, que se describe en la siguiente sección. Cuando se puede acceder a una cápsula de cuarzo, no debe manipularse con las manos descubiertas porque los aceites en la piel humana junto con el calor de la operación pueden provocar desvitrificación y fallas no pasivas. Si una cápsula de cuarzo se manipula por accidente, debe limpiarse con alcohol isopropílico o alcoholes minerales. La cápsula infrarroja de halógeno de tungsteno o halógeno se coloca comúnmente dentro de una bombilla de vidrio exterior, como con las lámparas PAR. Las formas típicas de las bombillas y sus designaciones ANSI se dan en la Figura 7.16. La bombilla puede proporcionar protección del filamento, difusión óptica, modelado de la distribución de intensidad luminosa y filtrado espectral. En el caso de las lámparas infrarrojas halógenas, la cápsula halógena se utiliza para redirigir la radiación infrarroja.

Tabla 7.2 / Corriente de entrada

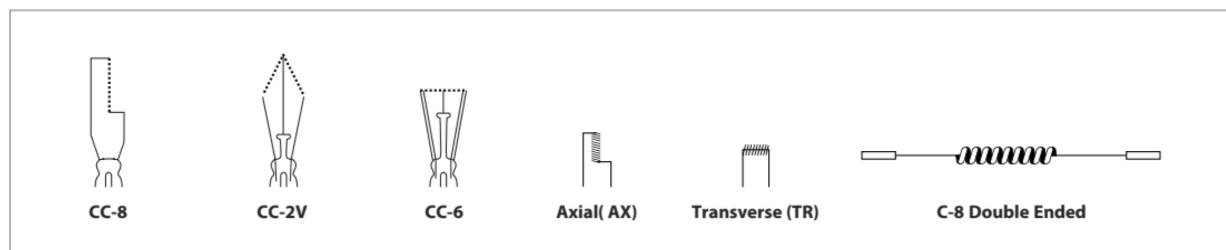
Tipo de lámpara de filamento	Potencia (Vatios)	Voltaje (Voltios)	Corriente Normal (Amperes)	Corriente de entrada teórica: Base: Caliente a Frío Resitencia (Amperes)[a]	Tiempo para que la Corriente regrese al Valor Normal (Segundos)
Servicio de Iluminación General (GLS) en Lámparas de Filamento	15	120	0.125	2.30	0.05
	25	120	0.208	3.98	0.06
	40	120	0.333	7.00	0.07
	50	120	0.417	8.34	0.07
	60	120	0.500	10.20	0.08
	75	120	0.625	13.10	0.09
	100	120	0.835	17.90	0.10
	150	120	1.250	26.10	0.12
	200	120	1.670	39.50	0.13
	300	120	2.500	53.00	0.13
	500	120	4.170	89.50	0.15
	750	120	6.250	113.00	0.17
	1000	120	8.300	195.00	0.18
	1500	120	12.500	290.00	0.20
	2000	120	16.700	378.00	0.23
Lámparas Halógenas con Filamento C-8	300	120	2.50	62.00	b
	500	120	4.17	102.00	b
	1000	240	4.17	100.00	b
	1500	240	6.24	147.00	b
	1500	277	5.42	129.00	b

a. La corriente alcanzará el valor pico dentro del primer pico del voltaje suministrado. Por lo tanto, el tiempo se aproxima a cero si el voltaje instantáneo suministrado está en su punto máximo, o podría ser tanto como 0,006 segundos.

b. No establecido. El tiempo estimado es de 5 a 20 ciclos.

FIGURA 7.15 | FILAMENTOS

Construcciones típicas de lámparas de filamento. No a escala. “Imágenes cortesía de Osram Sylvania”

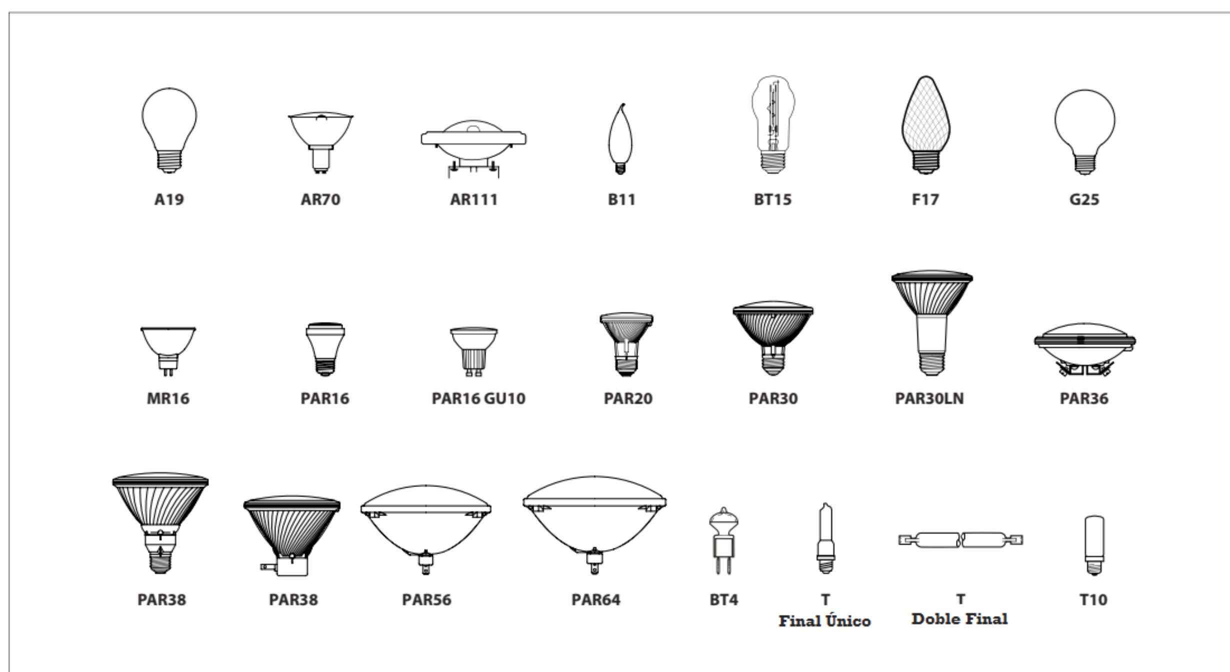


Protección del filamento: el tungsteno se evaporará rápidamente si se calienta hasta la incandescencia al aire libre. La bombilla crea un entorno herméticamente sellado que es un vacío para las lámparas GLS de menos de 25 W o una atmósfera de gas.

Difusión: se puede aplicar glaseado a la superficie interna de una bombilla para difundir la luminancia extremadamente alta del filamento. Esto produce una difusión moderada con una reducción muy pequeña en la salida mientras elimina principalmente las estrías y las sombras de los componentes internos de la lámpara. Normalmente se emplea sílice blanca finamente pulverizada.

Conformación de la distribución de la intensidad luminosa: La distribución de la intensidad luminosa se puede configurar con reflexión y/o refracción. Cuando se emplea la reflexión, una parte de la superficie interna de la bombilla se recubre con aluminio o plata y la forma de la lámpara se usa para dirigir la luz hacia afuera de la pared de la bombilla sin recubrir. La plata tiene la ventaja de una mayor reflectancia y, por lo tanto, una mayor eficiencia. El tipo más común de lámparas reflectoras tiene envolventes de vidrio parabólicas, aunque hay otras formas disponibles, incluidas lámparas reflectoras elípticas y lámparas en forma de A con bombillas semirevestidas, conocidas como lámparas reflectoras de cuenco plateado. Para las lámparas reflectoras parabólicas, el patrón prismático o de hoyuelos en la cara se usa como una óptica refractiva: las lentes transparentes se usan para distribuciones de haz estrechas con un aumento en los hoyuelos con el ancho del haz. Consulte 7.2.7.2 Lámparas reflectoras.

Filtrado espectral: Las lámparas de incandescencia están disponibles con bombillas recubiertas por pulverización en el interior y en el exterior, cerámica en el exterior, cubierta de plástico transparente y vidrio dopado. Las lámparas de luz diurna tienen bombillas de vidrio azulado que absorben algunas de las longitudes de onda largas producidas por el filamento. La luz transmitida tiene una temperatura de color correlacionada más alta que la incandescente estándar. El vidrio del bulbo dopado con neodimio filtra selectivamente parte de la radiación óptica amarilla generada por el filamento, como se muestra en la Figura 7.17. Las lámparas de filamento con filtros espectralmente selectivos tienen un CRI más bajo que las lámparas incandescentes estándar. Esta es una consecuencia de la forma en que se define CRI, pero no significa necesariamente que dichas lámparas muestren una peor reproducción del color. Consulte 6.3 Reproducción de color y 7.2.3 Espectro. En particular, muchos consideran que las lámparas de filamento con vidrio azul o dopadas con neodimio brindan una reproducción cromática de primera calidad a pesar de los valores CRI sobre el 70 [19] [20] [21] [22]. El filtrado espectral reduce la eficacia luminosa.



A -Cuello esférico arbitrario cónico a estrecho
AR- Reflector Aluminizado
AT- Tubular arbitrario
B- Forma abombada o de bala, punta roma
BA -Abultado con punta angular (doblada)
BD-Abultado con hoyuelo en la corona
BR-Reflector abombado
BT-Tubular abombado
C-Cónico
CA- Forma de vela con punta doblada
CC- Dos formas cónicas combinadas
E- Elíptica
ED- Elíptica con hoyuelo en la corona
ER- Reflector elíptico
F- Forma de llama, decorativa
FE- Elíptica plana
G- Forma de globo
GT- Combinación globo/tubular
K-Similar a M pero con transición cónica
M-Forma de hongo con transiciones redondeadas
MR- Reflector multifacético
P- Forma de pera
PS-Forma de pera con cuello recto
PAR- Reflector parabólico aluminizado
R- Reflector
RB- Reflector abultado
RD- Reflector con hoyuelo en la corona
REC- Lámpara tipo PAR con cara rectangular
RM- Reflector, forma de hongo
RP-Reflector, forma de pera
S- Forma de lados rectos (comparar con CA y BA)
ST- Forma de punta recta
T-Forma tubular
TL- Forma tubular con lente en la corona
T/C-Tubular circular
TU-Tubular en forma de U
2D-Bidimensional

Figura 7.16 | Formas típicas de bombillas y sus designaciones ANSI

No está a escala. No se ilustran todas las designaciones ANSI, como se enumeran aquí para una frase o palabra descriptiva. » Imágenes cortesía de Osram Sylvania

REDIRECCIÓN DE LA RADIACIÓN INFRARROJA:
La cápsula para lámparas infrarrojas halógenas está diseñada para redirigir la radiación infrarroja de vuelta al filamento, lo que conduce a una mayor temperatura del filamento con la misma corriente eléctrica, aumentando así la eficacia luminosa. Las cápsulas infrarrojas halógenas están construidas con un revestimiento multicapa que permite el paso de la radiación óptica visible mientras refleja el infrarrojo y absorbe la radiación ultravioleta. Normalmente, aunque no siempre, tales cápsulas se colocan dentro de una cubierta exterior. La forma de la cápsula y la ubicación del filamento deben diseñarse y fabricarse con precisión para que el IR reflejada se enfoque en el filamento.

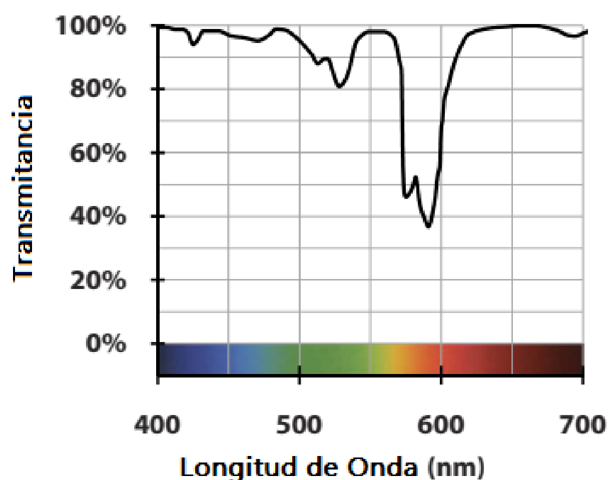
7.2.23 BASE
Las funciones de la base son: realizar la conexión eléctrica, sostener la lámpara y en algunos casos brindar posicionamiento óptico dentro de una luminaria. Las bases comunes para las lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno se dan en la Figura 7.18. La mayoría de las lámparas GLS emplean una base de tornillo. Las bases bipost y prefocus aseguran

la correcta ubicación del filamento en relación con los elementos ópticos de la luminaria. La potencia de la lámpara también es un factor para determinar el tipo de base.

7.2.2.4 LLENADO DE GAS Y CICLO DE HALÓGENO DE TUNGSTENO El relleno de gas está diseñado para: minimizar las pérdidas conductivas de la energía de entrada, suprimir los arcos entre los cables de entrada y no reaccionar con las partes internas de la lámpara. En el caso de las lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno, el relleno de gas también está diseñado para eliminar los depósitos de tungsteno en la pared de la cápsula. El filamento de tungsteno de una lámpara incandescente está rodeado por una fina capa de gas calentado en el que parte de la energía de entrada se disipa por convección. Cuando el filamento se enrolla en una hélice apretada, la funda rodea toda la bobina de modo que la pérdida de calor ya no está determinada por el diámetro del alambre, sino por el diámetro de la bobina. El enrollado reduce así la pérdida. La pérdida de energía también depende del peso atómico del gas que rodea el filamento. Los átomos más grandes tienen una conductividad térmica más baja. Se emplean gases inertes porque no reaccionan con el filamento ni con los demás componentes internos de la lámpara. La moderna lámpara incandescente GLS de 120 V tiene un relleno de aproximadamente 95 % de argón y 5 % de nitrógeno. El nitrógeno es necesario para suprimir la formación de arco, mientras que el argón, al ser un átomo más pesado, tiene una conductividad térmica más baja, lo que aumenta la eficacia. El gas criptón tiene una conductividad térmica más baja que el argón y el xenón aún más baja. Los átomos más grandes también son más efectivos para retardar la evaporación del tungsteno; se pueden emplear para prolongar la vida útil con la misma eficacia o mantener la misma vida nominal con mayor eficacia. De los cuatro gases inertes empleados en el relleno de gas, el xenón es el más caro, seguido en orden por el criptón, el argón y el nitrógeno. Cuando el aumento del costo esté justificado por el aumento de la eficacia o la vida útil, se emplea criptón o xenón. Las lámparas halógenas de tungsteno reciben su nombre de la reacción química que ocurre entre el tungsteno evaporado y los átomos de halógeno, que son un componente del relleno de gas. Los halógenos son elementos electronegativos que incluyen flúor, cloro, bromo y yodo. El bromo se emplea más comúnmente en las lámparas halógenas de tungsteno. El ciclo de halógeno de tungsteno comienza con el filamento de tungsteno operando en incandescencia, evaporando el tungsteno del filamento. Normalmente, las partículas de tungsteno evaporadas se acumularían en la pared de la bombilla, lo que provocaría el ennegrecimiento de la bombilla, algo común con las lámparas incandescentes GLS y más evidente cerca del final de su vida útil. En las lámparas halógenas de tungsteno, el tungsteno evaporado se combina con el halógeno y luego circula dentro del relleno de gas. A diferencia del tungsteno solamente, a altas temperaturas-

FIGURA 7.17| TRANSMITANCIA DE VIDRIO DE NEODIMIO

La STD para vidrio de neodimio que muestra la fuerte caída en la transmisión en la parte amarilla del espectro. Ver también Figura 7.20 | SPD para lámparas de filamento.



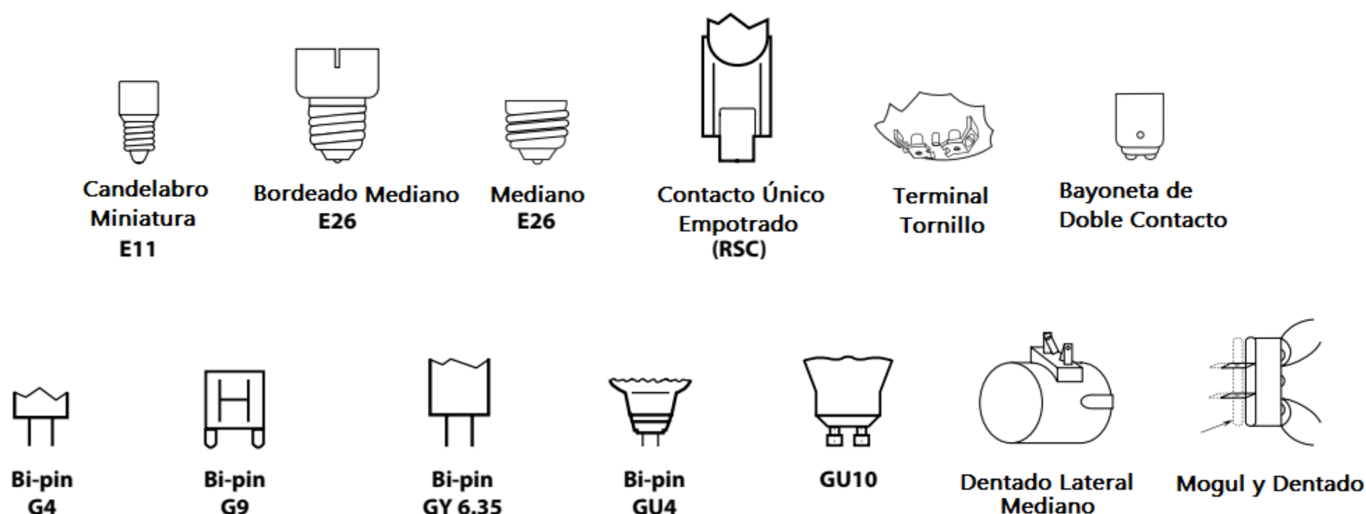


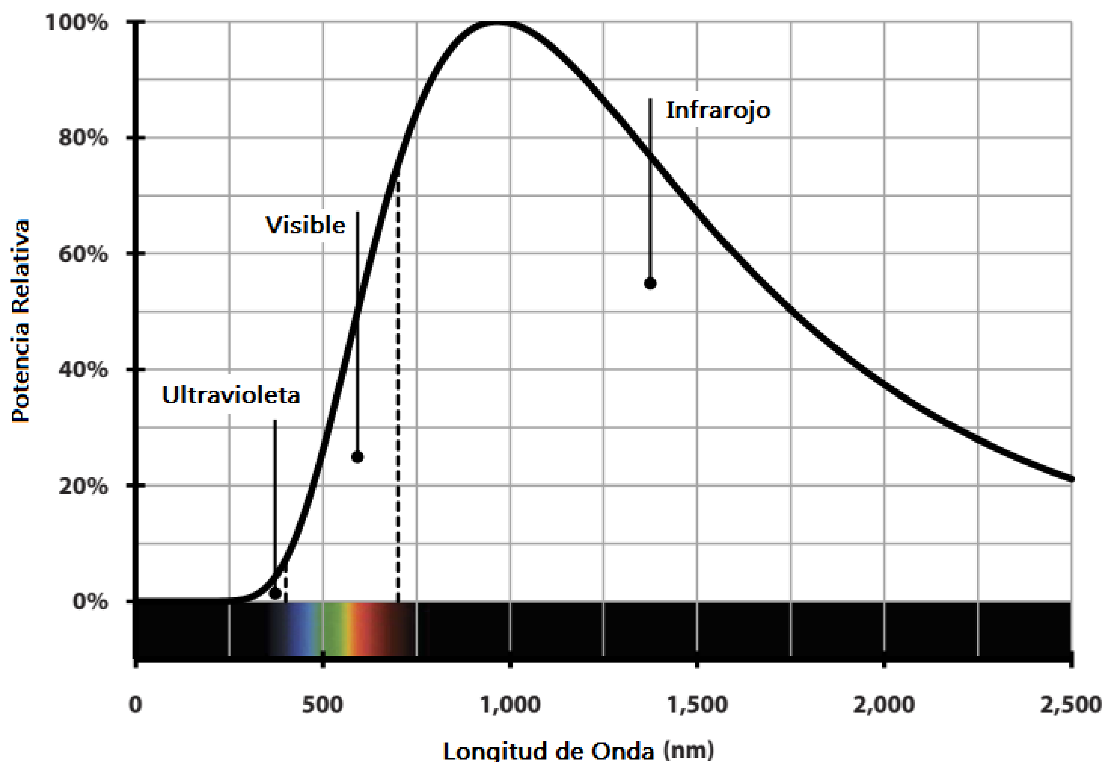
FIGURA 7.18 | BASES DE LÁMPARAS DE FILAMENTO TÍPICAS
Bases de lámparas comunes para lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno. No a escala. Las designaciones ANSI se muestran cuando están disponibles. » Imágenes cortesía de Osram Sylvania

-el yoduro de tungsteno o el bromuro de tungsteno no se condensan en la pared del bulbo, por lo que no se ennegrece y la molécula queda libre para (eventualmente) encontrarse con el filamento caliente. Aquí, el calor es suficiente para descomponer el compuesto en tungsteno, que se vuelve a depositar en el filamento, y halógeno, que se libera para continuar su función en este ciclo. Dado que el tungsteno no se vuelve a depositar en el mismo punto de evaporación, la lámpara halógena de tungsteno todavía tiene una vida finita. Consulte 7.2.5.7 Vida útil de la lámpara y mecanismo de falla. El ciclo del halógeno sólo ocurre si la temperatura es suficiente para mantener los haluros en su fase gaseosa, lo que corresponde a una temperatura mínima de 260 °C en la pared del bulbo. A temperaturas más bajas, el tungsteno evaporado se depositará en la pared del bulbo. Las lámparas halógenas de tungsteno atenuadas deben funcionar periódicamente a plena potencia, induciendo el ciclo de halógeno de tungsteno para limpiar el tungsteno de la pared de la bombilla, manteniendo así la eficacia de la lámpara a lo largo del tiempo. El requisito de una temperatura alta de la pared del bulbo para el ciclo halógeno tiene el efecto corolario de requerir bulbos más pequeños. A la misma potencia, las bombillas más pequeñas tienen una mayor carga de radiación óptica y temperaturas más altas en la pared de la bombilla. Esto condujo primero al desarrollo de pequeñas lámparas reflectoras de bajo voltaje y luego a la incorporación de cápsulas halógenas de tungsteno en varios reflectores como PAR y MR. Las cápsulas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno se encuentran hoy en día en envolventes A, G, BT, F y otras como reemplazo de las lámparas incandescentes GLS convencionales. Consulte la Figura 7.16 para conocer las formas de los bulbos. El pequeño tamaño de la cápsula hace que sea más económico incorporar átomos de mayor peso molecular en el relleno de gas. Algunas cápsulas también están presurizadas, lo que retarda aún más la evaporación del tungsteno, permitiendo así una vida más larga y/o un aumento de la eficacia. Estas variables de ingeniería de lámparas (llenado de gas, presión de llenado de gas, temperatura de funcionamiento) son responsables del hecho de que las lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno tengan una vida más larga y/o una mayor eficacia que las lámparas de filamento estándar. El ciclo del halógeno en sí mismo no es responsable del aumento de la vida; es responsable de mantener la pared de la bombilla limpia de tungsteno y mantener la salida de lúmenes.

Cargando *La carga es la densidad de energía de la radiación óptica en la pared del bulbo. A medida que aumenta la carga, se producen más lúmenes por unidad de área y aumenta la luminancia de la bombilla. El material de la bombilla se selecciona, en parte, para que tenga la fuerza necesaria para manejar la carga deseada para el diseño de la lámpara.*

FIGURA 7.19 | LÁMPARA DE FILAMENTO RADIACIÓN ÓPTICA

La distribución de potencia espectral para tungsteno a 3000 K en las regiones ultravioleta, visible e infrarroja del espectro.



7.2.3 ESPECTRO Las lámparas de filamento producen proporcionalmente más radiación óptica de longitud de onda larga que corta. La mayor parte de la radiación está en la parte infrarroja del espectro, como se ilustra en la Figura 7.19. El SPD para una lámpara incandescente dopada con neodimio se muestra con un estándar de lámpara incandescente de la figura 7.20. La Figura 7.21 ilustra los SPD en la región visible de filamentos de tungsteno de igual potencia de entrada pero diferentes temperaturas. Dentro del espectro visible, hay proporcionalmente más potencia de longitud de onda larga a medida que disminuye la CCT, lo que explica por qué la atenuación de las lámparas de filamento hace que parezcan más cálidas.

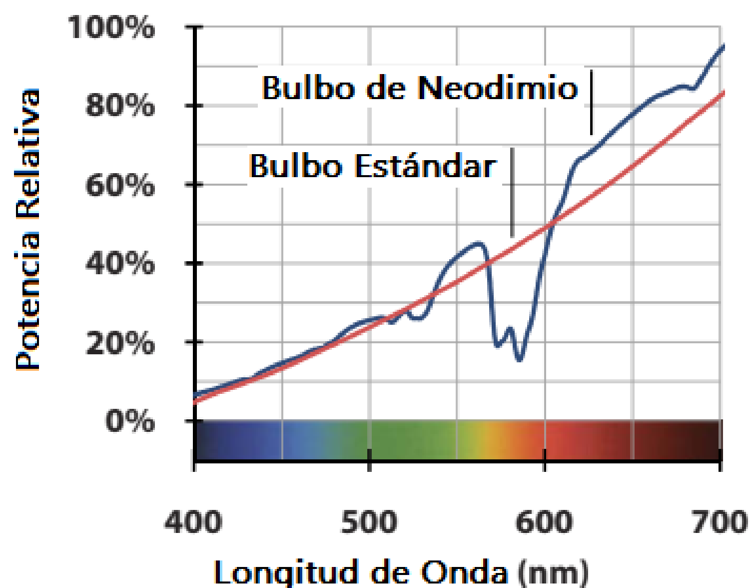


FIGURA 7.20 | SPD PARA LÁMPARAS DE FILAMENTO

SPD para una lámpara incandescente GLS de filamento estándar y para una lámpara incandescente con bombilla de neodimio.

7.2.4 DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA

El filamento se puede moldear para modificar ligeramente la distribución emitida por la bombilla, pero la redirección óptica importante se logra mejor con reflexión y/o refracción. Se pueden incorporar reflectores en una lámpara de filamento, como con las bombillas con forma PAR, MR y AR. Las lámparas PAR también incorporan un elemento óptico refractivo en la parte frontal de la lámpara. Las distribuciones de intensidad luminosa están disponibles desde casi isorradiante hasta inundación amplia y punto muy estrecho. La Figura 7.22 ilustra cómo se define el ángulo del haz para las lámparas reflectoras.

7.2.5 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Si se varía el voltaje aplicado al filamento, se produce un cambio en la temperatura, la resistencia, la corriente, la potencia, la salida de lúmenes, la eficacia y la vida del filamento. Estas características están interrelacionadas; ninguno de ellos puede cambiarse sin afectar a los demás. Algunas son variables de entrada, mientras que otras son medidas de salida. Por ejemplo, aumentar la corriente (una variable de entrada) aumentará la salida de lúmenes (una medida de salida). Estas interrelaciones se representan en la figura 7.23.

7.2.5.1 VOLTAJE

Las lámparas de filamento están disponibles en diseños de voltaje de línea, bajo, alto y especial. En comparación con las lámparas de voltaje de línea, las lámparas de bajo voltaje tienen las ventajas de una mayor resistencia a las vibraciones y los golpes debido a sus filamentos de mayor diámetro, un filamento más compacto que permite un mejor control del haz y una mayor eficacia. Las lámparas típicas de bajo voltaje funcionan a 12 y 24 V. El voltaje se suministra a través de un transformador reductor. Las lámparas de bajo voltaje tienden a ser cápsulas pequeñas, como T4, o reflectores pequeños, como MR16. Están disponibles lámparas de alto voltaje para operación de 220 y 300 V, pero representan una muy pequeña parte de la demanda de lámparas en América del Norte. Las lámparas de alto voltaje tienen filamentos de pequeño diámetro y mayor longitud y requieren más soportes que las correspondientes lámparas de 120 V. Por lo tanto, son menos resistentes y menos eficientes. Para aplicaciones especiales, también están disponibles lámparas con otras clasificaciones

de voltaje, como 84 y 200 V. Las lámparas de 130 V también están disponibles y, en el pasado, estaban diseñadas para usarse en circuitos de 120 V. Esto tuvo el efecto de hacer funcionar la lámpara en un estado continuamente atenuado, prolongando así la vida útil, pero con una menor eficacia luminosa. Es probable que la reglamentación del DOE de EE. UU. para los estándares de 2012 elimine esta práctica en lo que respecta a las lámparas PAR 20, 30 y 38. Consulte 13.12.2 Legislación para lámparas de filamento PAR de 130 V.

FIGURA 7.21 | SPD DE LÁMPARA DE FILAMENTO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

La SPD en la región visible de filamentos de tungsteno de igual potencia pero diferentes temperaturas.

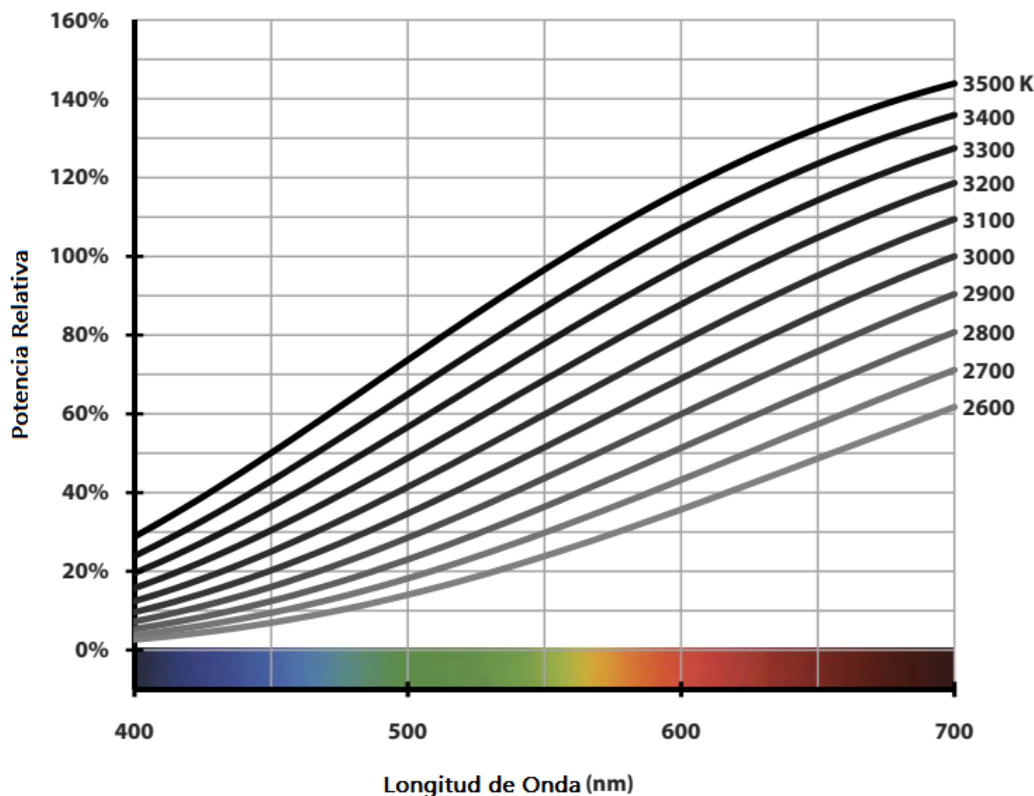


FIGURA 7.22 | ÁNGULO DEL HAZ

El ángulo del haz es el ángulo dentro del cual la lámpara produce el 50% de la intensidad luminosa máxima.

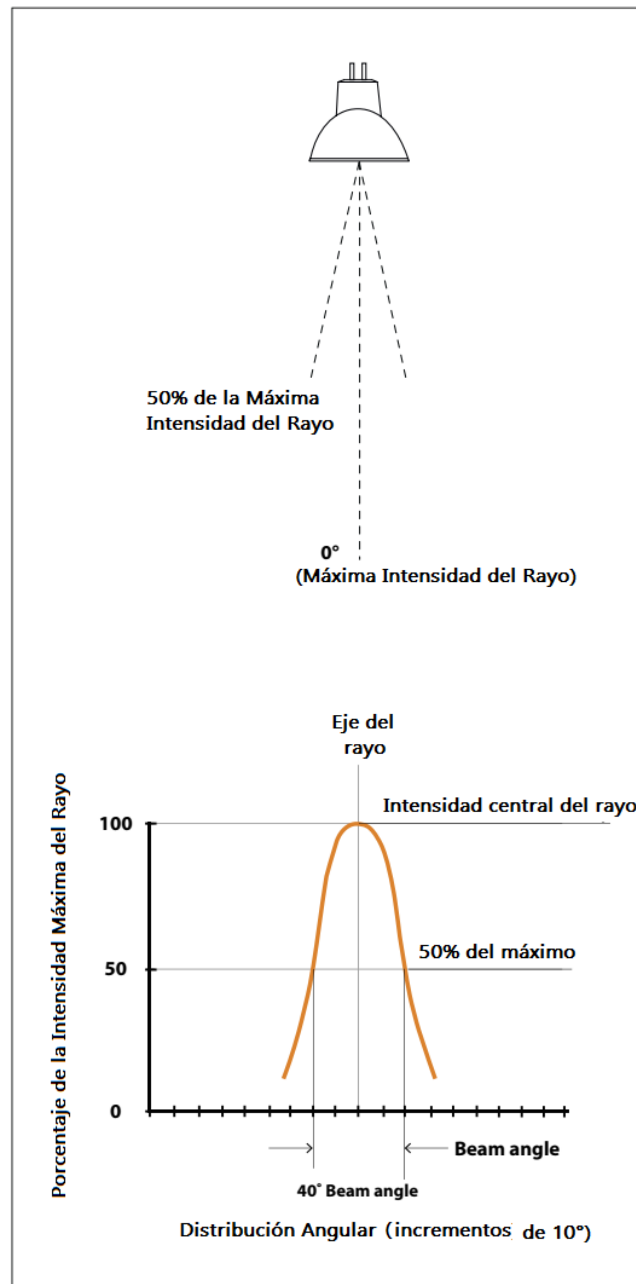
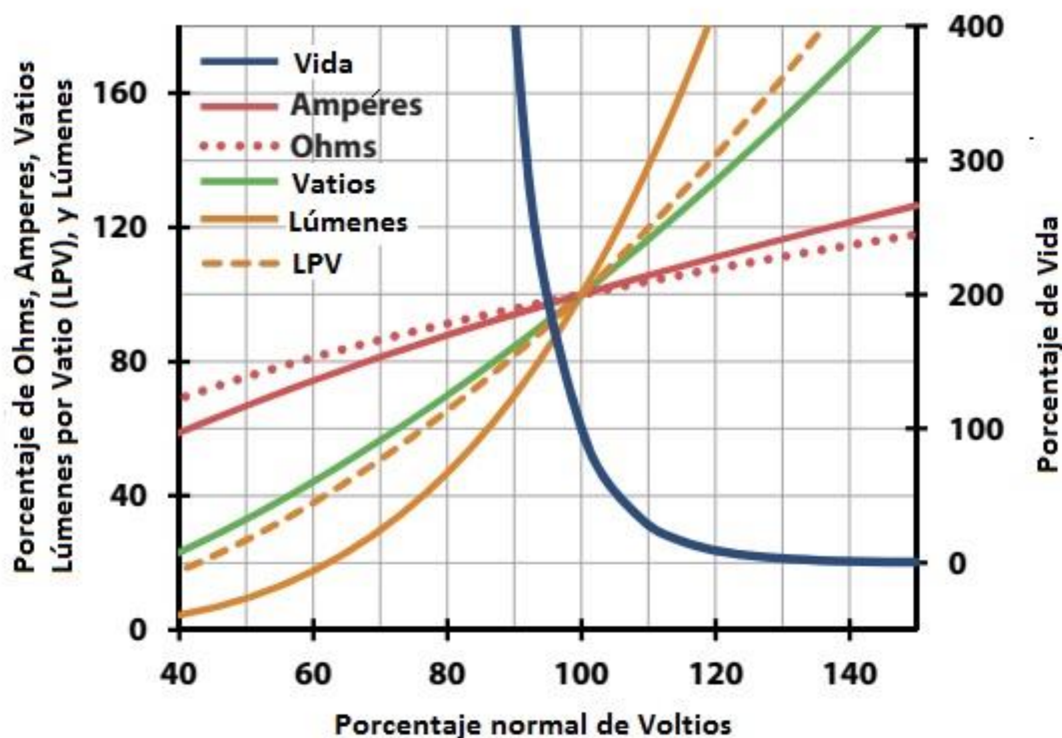


FIGURA 7.23 | CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS LÁMPARAS DE FILAMENTO VERSUS EL VOLTAJE

El efecto de la variación de voltaje y corriente en las características de funcionamiento de las lámparas de filamento incandescente.



7.2.5.2 ATENUACIÓN Los atenuadores sirven para varios propósitos: reducción de energía; iluminancia variable; y efectos de iluminación estéticos. Las lámparas de filamento se pueden atenuar reduciendo el voltaje o encendiéndolas/apagándolas rápidamente. Con cualquier método, se disipa menos energía y se produce menos luz con una temperatura de color más baja. Dado que el funcionamiento a temperaturas más bajas reduce la evaporación del tungsteno, la vida útil aumenta, pero a expensas de la eficacia luminosa. La atenuación de las lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno tiene un efecto perjudicial en el mantenimiento del lumen porque el ciclo de halógeno ya no funciona cuando la temperatura de la pared del foco cae por debajo de 260 °C, lo que provoca el ennegrecimiento de la pared del foco (consulte 7.2.2.4 Llenado de gas y lámparas halógenas de tungsteno). Ciclo. Esto se puede revertir parcialmente haciendo funcionar periódicamente la lámpara a plena potencia de luz, lo que ayuda a limpiar la pared del foco de depósitos de tungsteno. La mayoría de los atenuadores para lámparas de filamento son electrónicos y utilizan circuitos de tiristores y transistores que tienen una baja disipación de energía. Los tiristores funcionan como interruptores de alta velocidad que encienden y apagan rápidamente el voltaje de la lámpara. El encendido/apagado rápido, o "chopping", reduce la potencia promediada en el tiempo consumida por la lámpara, lo que reduce la temperatura del filamento y reduce el consumo de energía. Esto es diferente a bajar el voltaje entregado a la lámpara. Esta conmutación puede provocar interferencias electromagnéticas con otros equipos eléctricos, así como un zumbido audible en el filamento de la lámpara. Las bobinas magnéticas que funcionan como inductores y conocidas como estranguladores se pueden usar como filtros para reducir estos efectos. Sin embargo, con muchos atenuadores de caja de pared, el zumbido de la lámpara no se puede eliminar por completo porque se necesita un estrangulador más grande de lo que permite el espacio. Para estos casos, montado de forma remota, correctamente se recomiendan bobinas de eliminación de zumbidos del tamaño de una lámpara o estranguladores adicionales.

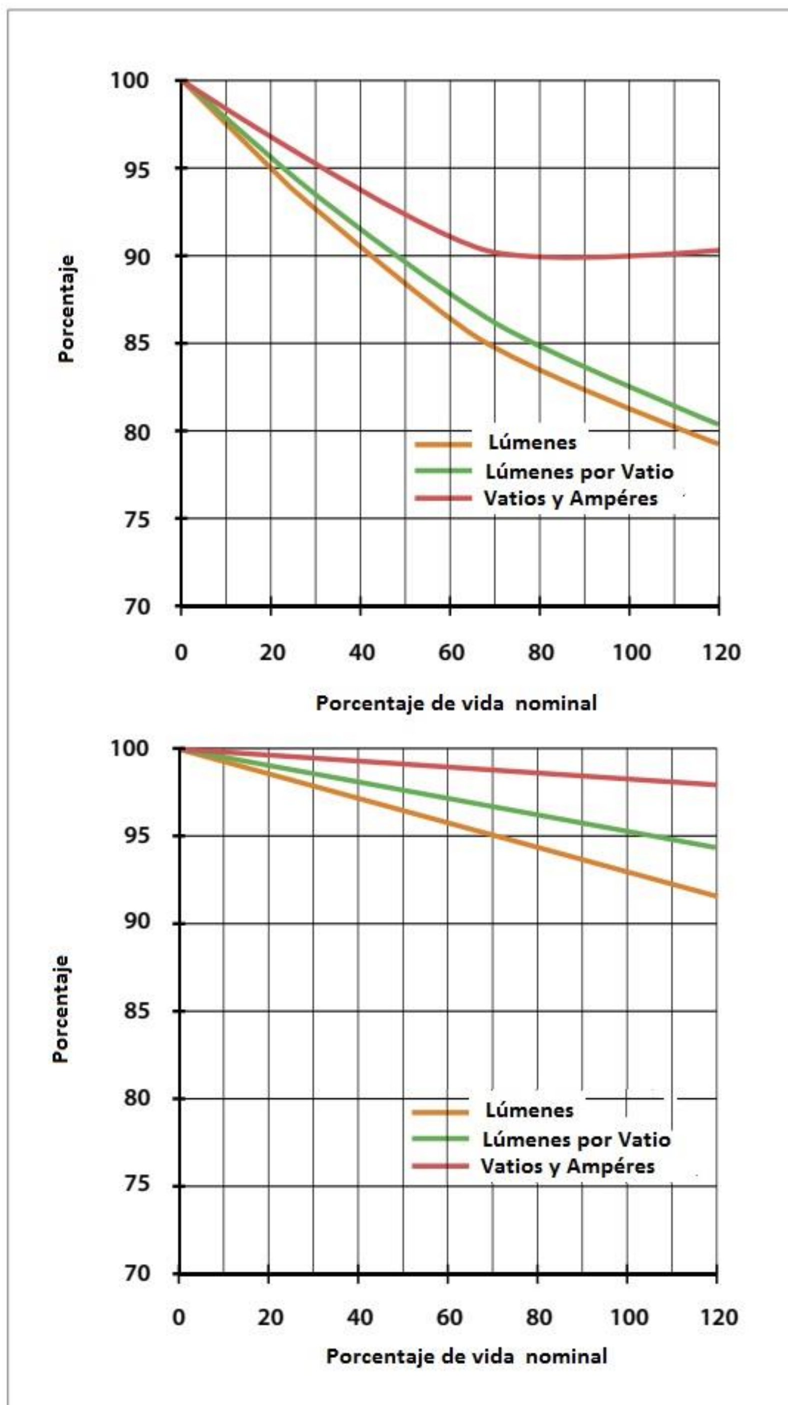
7.2.5.3 EFICACIA LUMINOSA Una lámpara infrarroja halógena típica con forma de T60 (en el momento de escribir este artículo) tiene una eficacia superior a 22 lúmenes por vatio. La eficacia típica (al momento de escribir este artículo) para una lámpara infrarroja halógena PAR38 es de aproximadamente 24 lúmenes por vatio. Las lámparas infrarrojas halógenas

disponibles comercialmente más eficaces (en el momento de escribir este artículo) son bombillas cilíndricas de dos extremos que alcanzan eficacias superiores a 34 lúmenes por vatio.

7.2.5.4 MANTENIMIENTO DE LOS LÚMENES Con el tiempo, los filamentos incandescentes se evaporan y encogen, lo que aumenta su resistencia y, por lo tanto, reduce la corriente, la potencia y los lúmenes. Otra depreciación en lúmenes es causada por la absorción de luz debido a la deposición de tungsteno evaporado en la pared del bulbo. Las lámparas infrarrojas halógenas y halógenas de tungsteno tienen una depreciación del lumen significativamente menor debido al ciclo del halógeno. La figura 7.24 muestra los cambios en la salida de luz y la eficacia de las lámparas incandescentes, halógenas de tungsteno y de infrarrojos halógenas típicas.

Tirisor. Es un dispositivo semiconductor de estado sólido de tres estados que se emplea como interruptor biestable cuando se integra en un circuito de atenuación.

FIGURA 7.24 | DEPRECIACIÓN DEL LUMEN DE LA LÁMPARA PARA LÁMPARAS DE FILAMENTO Las características típicas de funcionamiento en función del tiempo de combustión: (a) lámparas halógenas de tungsteno en general y (b) lámparas halógenas de tungsteno e infrarrojas halógenas. Tenga en cuenta las diferencias en las escalas.



7.2.5.5 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Cuando funcionan a plena potencia, las lámparas de filamento generan algo de radiación ultravioleta (UV). Cuanto mayor sea la temperatura del filamento, mayor será la cantidad de UV generada por el filamento. La cantidad de UV que escapa de la bombilla está determinada por los materiales de la cápsula y/o de la envoltura exterior. El cuarzo fundido y la mayoría de los vidrios con alto contenido de sílice transmiten la mayor parte de los rayos UV radiados por el filamento, mientras que los vidrios con alto contenido de sílice y aluminosilicato absorben la radiación UV. Algunas lámparas halógenas de tungsteno transmiten más radiación ultravioleta que las lámparas

incandescentes estándar debido a sus temperaturas de filamento más altas y envolturas de cuarzo. Las lámparas infrarrojas halógenas, sin embargo, emiten menos radiación ultravioleta a pesar de su mayor temperatura de filamento, ya que la cápsula absorbe la radiación ultravioleta. Si la lámpara no filtra la radiación ultravioleta, debe emplearse una lente o un cubreobjetos que absorba los rayos ultravioleta. Una lente templada también brindará protección en caso de rotura de la lámpara. En aplicaciones en las que la reducción de la radiación ultravioleta es crítica, es posible que se requiera un filtrado adicional con una lente adicional o un cubreobjetos.

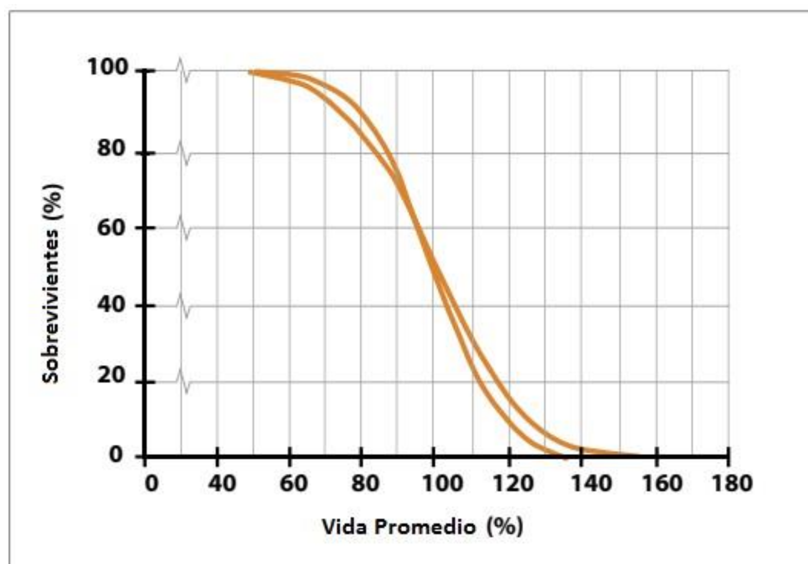
7.2.5.6 CONSIDERACIONES ESPECIALES Las lámparas halógenas de tungsteno e infrarrojas halógenas no están equipadas con soportes de filamento, ya que reducirían la eficacia luminosa al alejar el calor del filamento. También es deseable eliminar los soportes de filamentos ya que introducen falta de uniformidad y estrías en el haz. Sin embargo, sin tales soportes, las lámparas halógenas de tungsteno e infrarrojas halógenas son susceptibles de fallas prematuras por manipulación brusca o vibración. Al igual que con todas las lámparas, estas lámparas deben instalarse cuando no haya energía. El par de rotación durante la instalación o el cambio de lámparas hace que el filamento se mueva. En los enchufes energizados, la corriente de irrupción golpea el filamento en movimiento y algunas de las vueltas del filamento pueden cortocircuitarse, lo que provoca fallas. Para las luces direccionales que no se pueden apagar durante el apuntado, deben apuntarse con movimientos lentos y suaves.

7.2.5.7 VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA Y MECANISMO DE FALLA Muchos factores inherentes al proceso de fabricación hacen imposible que cada lámpara alcance la vida nominal asociada con el producto. Por esta razón, la vida útil de la lámpara se clasifica como el promedio de un grupo grande. En la Figura 7.25 se ilustra un rango de curvas de mortalidad típicas que representan el desempeño de lámparas de alta calidad.

Para la operación de prueba de laboratorio, la evaporación normal del filamento de tungsteno determina la vida útil de la lámpara. La vida útil de la lámpara también puede determinarse mediante muescas en el filamento, que es la apariencia de irregularidades escalonadas o de dientes de sierra en toda o parte de la superficie del filamento de tungsteno. Estas muescas reducen el diámetro del alambre de filamento en estos puntos. La evaporación puntual más rápida debido a las altas temperaturas en la muesca y la reducción de la resistencia del filamento se convierten en los factores dominantes que influyen en la vida útil de la lámpara. La vida útil prevista de la lámpara puede reducirse hasta la mitad. Entre los factores que producen muescas en el filamento se encuentra el funcionamiento con corriente continua (CC).

7.2.6 NOMENCLATURA La nomenclatura típica de las lámparas de filamento sigue un patrón de: Potencia/Forma/Diámetro/Tecnología/Óptica. Por ejemplo, 55PAR38/IRC/Hal/SP10 indica una lámpara de 55 vatios con un foco exterior de reflector parabólico aluminizado (PAR), que tiene un diámetro de 38/8” (4 $^{3}/_{4}$”), emplea tecnología infrarroja halógena (IRC/Hal), y tiene una distribución puntual con un ángulo de haz de 10 grados. La nomenclatura específica varía de un fabricante a otro, pero sigue un formato similar. No todos los tipos de lámparas requieren que se incluyan todas las categorías. La designación del diámetro puede estar en unidades de 1/8” o mm, lo que debe deducirse del contexto. Por ejemplo, una AR111 es una lámpara reflectora aluminizada con un diámetro de 111 mm y una lámpara T60 es una lámpara en forma de “T” con un diámetro de 60 mm. La "T" (tubular) es una versión de lados rectos de la omnipresente bombilla con forma de "A" (arbitraria). Consulte la Figura 7.16.

FIGURA 7.25 | CURVAS DE MORTALIDAD Rango de curvas de mortalidad típicas basadas en promedios para un grupo estadísticamente grande de lámparas de filamento incandescente.



7.2.7 TIPOS No existen líneas divisorias nítidas entre los grupos de lámparas de incandescencia. La figura 7.26 [23] proporciona una taxonomía general, pero no incluye todo. Las fuentes más adecuadas para su aplicación en el entorno construido se describen a continuación. Aun así, las fuentes de filamentos rara vez deben utilizarse en instalaciones permanentes y, preferiblemente, sólo en situaciones en las que no sean la única fuente de luz o funcionen de forma continua durante períodos prolongados.

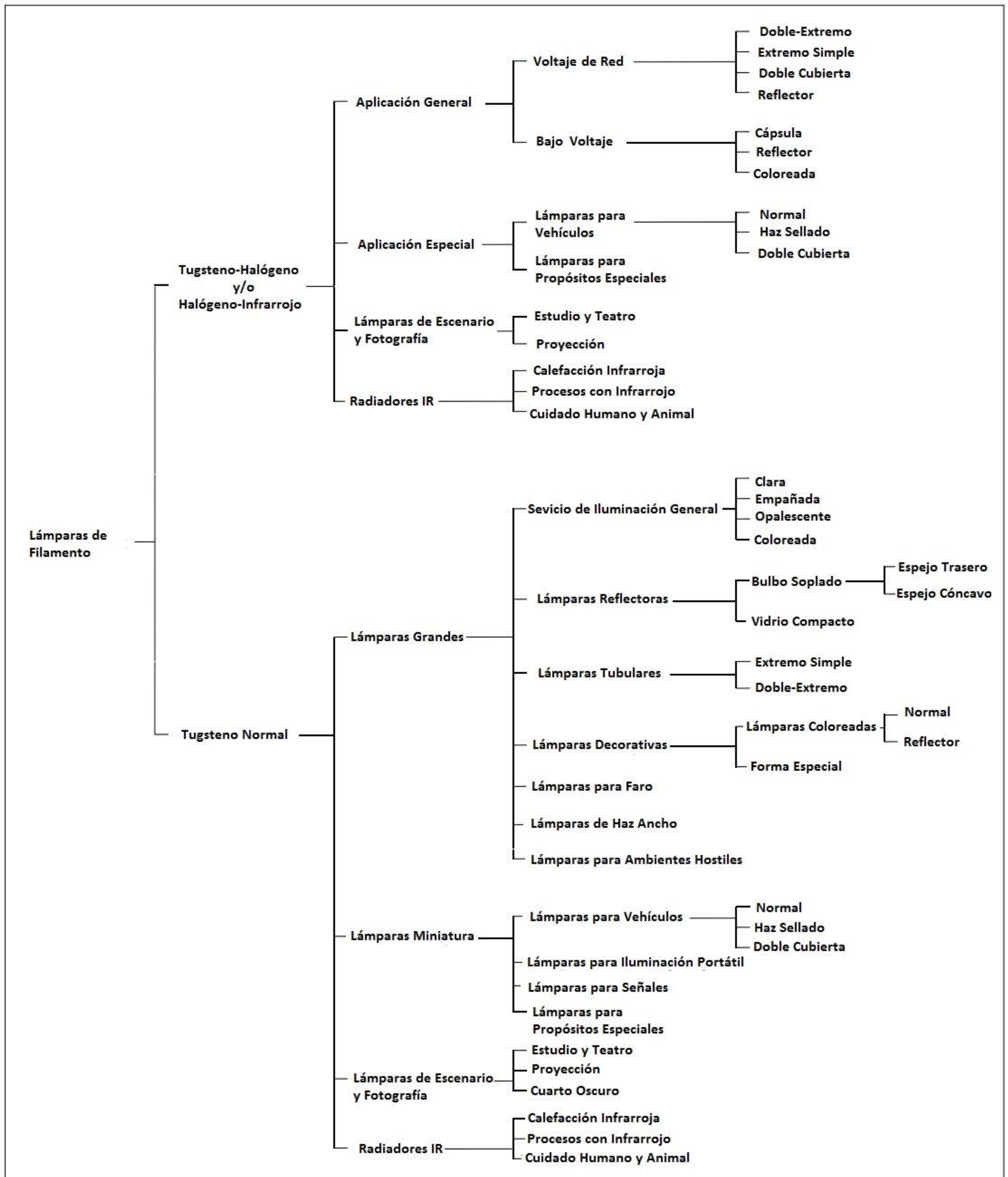
7.2.7.1 SERVICIO DE ILUMINACIÓN GENERAL (GLS) Las lámparas GLS de filamento estándar rara vez son apropiadas para iluminación funcional y deben reservarse para situaciones especiales, como cuando se necesitan lámparas desnudas de bajo voltaje para una apariencia y un efecto decorativos. Si se deben utilizar lámparas de incandescencia para la iluminación funcional, las opciones adecuadas son las halógenas de tungsteno o las infrarrojas halógenas. Las formas comunes incluyen T60, BT y TB.

7.2.7.2 LÁMPARAS REFLECTORAS Las lámparas reflectoras infrarrojas halógenas incluyen las formas PAR y MR. PAR es un acrónimo de reflector aluminizado parabólico. Algunas lámparas PAR avanzadas ahora están reflectorizadas con plata debido a su mayor reflectancia, pero aún se las conoce como lámparas PAR. Las lámparas PAR están hechas de vidrio fundido de forma precisa con aluminio o plata depositada en la superficie interna. En el punto focal de la parábola se coloca una cápsula de infrarrojos halógenos, de manera que los rayos se reflejan paralelos entre sí. Un componente óptico refractivo unido a la cara del reflector dispersa el haz de rayos paralelos reflejados, así como los rayos que lo golpean directamente desde el filamento. Diferentes componentes ópticos de refracción controlan si el haz es o no estrecho (puntual) o ancho (inundación). Una amplia gama de ángulos de haz (ver Figura 7.22 Ángulo de haz) están disponibles desde punto muy estrecho (VNSP < 7°), punto estrecho (NSP de 8 a 10°), punto (SP de 11 a 14°), punto ancho (WSP de 15 a 18°), punto muy ancho (VWSP 19 a 23°), Inundación estrecha (NFL 24 a 32°), Inundación (FL 33 a 44°), Inundación amplia (NSP 45 a 55°) e Inundación muy amplia (VWF > 56°). Hay disponible una amplia gama de potencias, en diámetros PAR20, PAR30 y PAR38, y con diferentes longitudes totales máximas. Las lámparas PAR se diseñan más comúnmente para operar con voltaje de línea (120 V). MR es un acrónimo de reflector multifacético. El tipo más común, las lámparas MR 16, tienen un reflector de 2” de diámetro que rodea una pequeña cápsula halógena de tungsteno o halógena infrarroja. Debido a la

posibilidad de falla no pasiva, las lámparas MR16 con cápsulas expuestas sólo están diseñadas para usarse con luminarias que incorporen una lente de vidrio templado. Las lámparas MR16 con lentes integrales están disponibles para su uso en luminarias abiertas. La mayoría de las lámparas MR 16 están diseñadas para funcionar con 12 V y, por lo tanto, requieren un transformador. Algunas lámparas MR16 también están disponibles con casquillos roscados; en estos casos el transformador está integrado en la propia lámpara. Las lámparas MR 16 con base de tornillo están pensadas como un producto de actualización y son considerablemente más grandes que las lámparas MR16 estándar que utilizan una base de 2 pines o de giro y bloqueo. Otras lámparas halógenas de tungsteno de 12 V incluyen PAR36, AR70 y AR111. Ninguna de estas lámparas emplea una cápsula infrarroja halógena, por lo que su eficacia luminosa es menor. Sin embargo, estas lámparas emplean una tapa de filamento que tiene dos propósitos: 1) elimina la luz emitida directamente desde el filamento, lo que genera un haz altamente controlado y de bordes nítidos; 2) bloquea la vista del filamento, proporcionando mucho menos deslumbramiento de la mayoría de los ángulos de visión. La falta de luz dispersa y deslumbramiento los hace adecuados para iluminación focal de alto contraste. Estas lámparas se utilizan en situaciones limitadas donde el control del haz, la intensidad luminosa y la atenuación son más importantes que la eficacia luminosa. Al limitar la luz parásita no deseada, pueden proporcionar soluciones energéticamente eficientes.

7.2.7.3 LÁMPARAS DE DOBLE EXTREMO La lámpara infrarroja halógena T3 tiene una forma tubular con un diámetro de 3/8”. Esta lámpara está disponible para operación de 120, 130, 240 y 277 V. Su filamento lineal y su pequeño bulbo de diámetro lo hace muy adecuado para reflectores lineales altamente eficientes utilizados en aplicaciones de lavado de superficies y pastoreo. Estas lámparas deben usarse con moderación, pero pueden ser apropiadas en aplicaciones que requieren potencia y que sólo se usarán durante unas pocas horas a la semana.

FIGURA 7.26 | TAXONOMÍA DE LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA Un resumen de las principales categorías de lámparas de incandescencia, después de [23],



7.3 FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes son las más extendidas y versátiles de las lámparas de descarga. Se emplean casi universalmente en oficinas, instalaciones educativas, atención médica y otras aplicaciones comerciales, mientras encuentran un uso generalizado en iluminación industrial, minorista, institucional y residencial. Esto se debe a que las lámparas fluorescentes están disponibles en una amplia variedad de salidas de lúmenes, formas y colores, mientras que tienen características deseables que incluyen una vida útil buena a excelente, eficacia luminosa, mantenimiento de lúmenes y reproducción cromática.

7.3.1 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

La lámpara fluorescente es una fuente de descarga de gas a baja presión, en la que la luz se produce predominantemente a partir de polvos fluorescentes, también conocidos como fósforos, que se activan con la energía ultravioleta generada por un arco de mercurio. Véase también 1.4.1 Estructura atómica y radiación óptica. Los electrodos (ver 7.3.2.2 Electrodos) de la mayoría de las lámparas fluorescentes se precalientan antes del encendido, lo que hace que emitan electrones que chocan con los átomos de mercurio contenidos dentro del tubo de descarga. Las colisiones pueden ocurrir con tal fuerza para liberar electrones de los átomos de mercurio, un proceso conocido como ionización, que es necesario para mantener el arco. Las colisiones a menor fuerza pueden elevar un electrón del átomo de mercurio a un nivel de energía más alto, lo que se conoce como excitación. Cuando el electrón de un átomo de mercurio excitado vuelve a su estado de reposo, se libera un fotón. En una descarga de mercurio a baja presión, la mayoría de estos fotones se encuentran en la región ultravioleta (UV) del espectro. Los fósforos en el interior del tubo convierten la radiación UV en radiación óptica visible. Este proceso se ilustra esquemáticamente en la Figura 7.27.

Debido a que la descarga de mercurio tiene una relación negativa de voltios-amperios, las lámparas fluorescentes deben operarse en serie con un dispositivo limitador de corriente, comúnmente llamado balasto. Un balasto limita la corriente al valor para el cual la lámpara está diseñada, proporciona los voltajes requeridos de encendido y funcionamiento de la lámpara y puede proporcionar control de atenuación.

7.3.2 CONSTRUCCIÓN

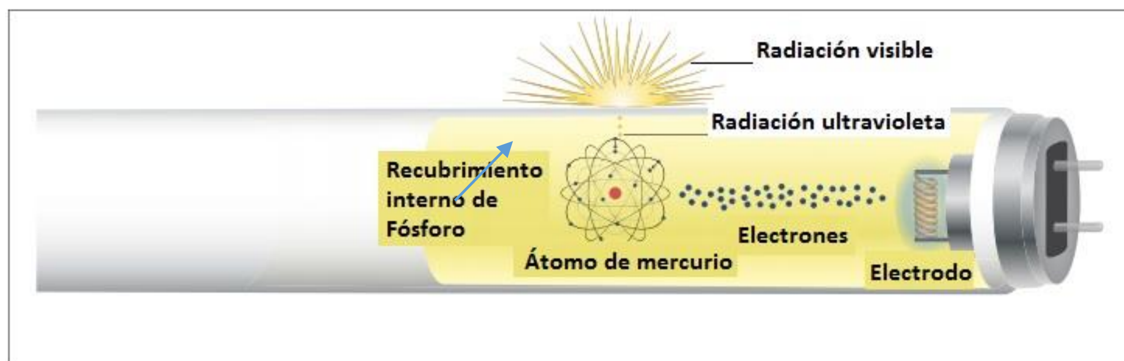
Los componentes básicos son el bulbo, los electrodos, el relleno de gas, el fósforo y la base. El balasto puede ser un componente auxiliar o estar integrado dentro de la propia lámpara. Ver 7.3.6.5 Balastos.

7.3.2.1 BOMBILLA

El tubo de una lámpara fluorescente lineal normal está hecho de vidrio sodocálcico dopado con óxido de hierro para limitar la emisión de radiación UV. El vidrio con bajo contenido de sodio también se utiliza para lámparas con mucha carga, como las lámparas fluorescentes compactas (CFL). Longitud del tubo se ha estandarizado (ver 7.3.4 Nomenclatura). El diámetro se determina primero por la carga deseada en los fósforos; las cargas más altas aumentan la producción de lúmenes por unidad de área y están asociadas con diámetros de tubo más pequeños. La longitud viene dictada en primer lugar por el flujo luminoso que debe producir la lámpara. En igualdad de condiciones, una mayor salida de lúmenes requiere más área de superficie de fósforo y, por lo tanto, tubos más largos. El diámetro y la longitud también dictan el voltaje a través del tubo de descarga y, por lo tanto, el voltaje de la lámpara. Reduciendo el diámetro aumenta el voltaje requerido de la lámpara, y aumentando la longitud aumenta el voltaje requerido de la lámpara. También es posible ajustar el voltaje de la lámpara modificando el llenado de gas (ver 7.3.2.3 Llenado de gas). Las lámparas fluorescentes de un solo extremo, como las CFL, tienen tubos de múltiples formas unidos para formar una trayectoria de arco continuo. Esto se hace para

aumentar la relación entre la producción de lúmenes y el tamaño total. Algunas bombillas están diseñadas para aproximarse al tamaño de una lámpara incandescente GLS.

FIGURA 7.27 | OPERACIÓN DE LÁMPARA FLUORESCENTE Ilustración esquemática del proceso de creación de radiación óptica con una lámpara fluorescente.



7.3.2.2 ELECTRODOS

Los dos electrodos están sellados herméticamente en los extremos opuestos del bulbo. Conducen energía eléctrica a la lámpara y proporcionan los electrones necesarios para mantener la descarga del arco. Las construcciones varían, pero todas están hechas de tungsteno recubierto con una mezcla de óxidos alcalinotérreos, que emiten fácilmente electrones cuando se calientan a una temperatura de alrededor de 800 °C. El tungsteno se enrolla en formas similares a las que se usan en las lámparas incandescentes, aunque las bobinas triples son comunes, al igual que las estructuras hechas al enrollar un alambre de tungsteno alrededor de otro y luego enrollar dos veces el alambre resultante, una estructura conocida como 'enrollado redondo' o 'entrelazado'. El bobinado y el devanado se realizan para contener la mayor cantidad posible de material emisor.

Los electrodos pueden estar precalentados, continuamente calentados o "fríos", estados que son controlados por el balasto. En el modo "frío", se usa alto voltaje para encender la lámpara fluorescente instantáneamente, lo que hace que los electrones bombardeen los electrodos a alta velocidad. Tales colisiones calientan los electrodos y facilitan la emisión de electrones a través de la emisión termoiónica. También se produce un bombardeo de iones, que provoca la pulverización catódica del material emisor de electrones, lo que acaba con el ennegrecimiento y reduce la vida útil del electrodo. En algunos diseños de lámparas, la vida útil del electrodo es la causa principal de la falla de la lámpara y, por lo tanto, el inicio instantáneo asociado con el modo "frío" puede provocar una falla prematura de la lámpara. El precalentamiento es más suave con los electrodos. Hace que emitan electrones que facilitan el arranque con menos pérdida de material emisor de electrones. Una vez que la lámpara está funcionando, el balasto puede continuar calentando los electrodos o apagarlos. Dado que la temperatura necesaria para la emisión continua de electrones es mantenida por los electrones de la descarga que bombardean los electrodos, y debido a que se puede conservar la energía, lo más común es emplear balastos que apaguen el calentamiento.

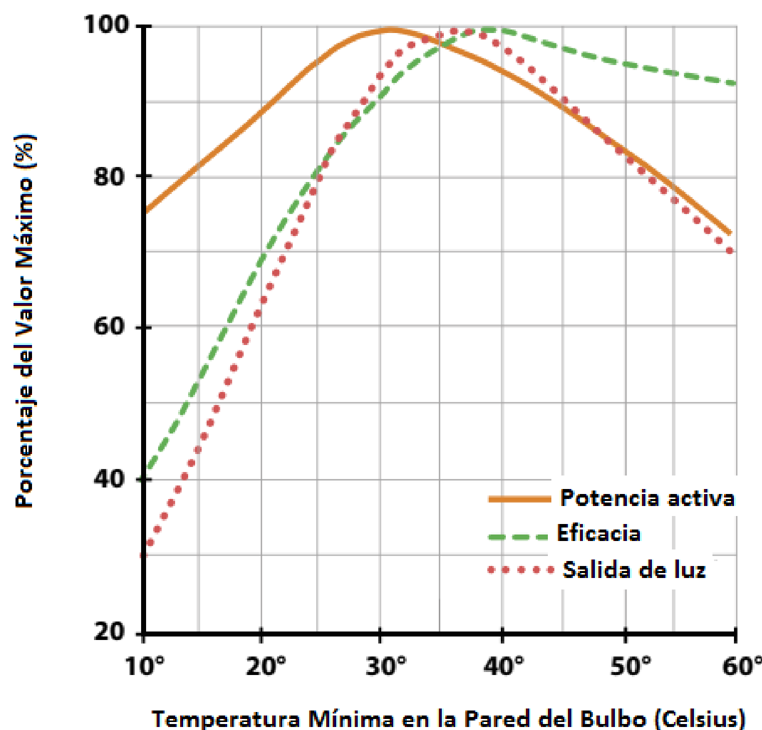
7.3.2.3 LLENADO DE GAS

El volumen interior del tubo es un vacío cercano que contiene una mezcla de vapor de mercurio saturado y un gas amortiguador inerte.

El gas amortiguador inerte controla la velocidad de los electrones libres en la descarga, lo cual es importante porque: 1) prolonga la vida útil de los electrodos al reducir la pulverización catódica que resulta del bombardeo de iones a alta velocidad; 2) equilibra la fracción de ionización frente a la excitación que resulta de las colisiones entre electrones y

mercurio vaporizado. Si las velocidades de los electrones y los iones son demasiado altas, el resultado es un chisporroteo excesivo y una excitación de mercurio demasiado pequeña. El gas inerte también facilita el arranque, especialmente a bajas temperaturas. Los gases amortiguadores incluyen argón, neón, xenón y criptón. Para una longitud y un diámetro de tubo dados, el voltaje de la lámpara disminuye a medida que aumenta el peso atómico del gas amortiguador. Esta es una de las principales variables en la creación, por ejemplo, de lámparas T8 de 28 o 30 W que funcionan con balastos originalmente destinados a alimentar lámparas T8 de 32 W. Durante el funcionamiento normal, el mercurio está presente en el tubo tanto en forma de líquido como de vapor. El mercurio se condensa en la parte más fría de la bombilla, que para las lámparas lineales normalmente estará en la parte inferior central del tubo. La presión de vapor de mercurio depende fuertemente de la temperatura. La fracción de energía radiante emitida en las bandas UV depende en gran medida de la presión de vapor y, dado que el flujo luminoso depende en gran medida de la generación de UV por el mercurio, es muy sensible a la temperatura ambiente. La Figura 7.28 ilustra la salida de lúmenes en función de la temperatura de la pared del bulbo. Puede emplearse una amalgama de mercurio para reducir la dependencia de la temperatura. Una amalgama es un compuesto químico que consta de mercurio y uno o más metales, como la amalgama de bismuto-indio-mercurio comúnmente empleada con las lámparas fluorescentes compactas. La amalgama estabiliza y controla la presión del vapor de mercurio en la descarga absorbiendo o liberando mercurio, manteniendo así la presión del mercurio en la descarga cerca de su valor óptimo a medida que cambia la temperatura de la lámpara. Una lámpara de amalgama puede producir más del 90 por ciento de su salida de luz máxima en un amplio rango de temperatura, como se ilustra en la Figura 7.29. Una desventaja es que las lámparas de amalgama pueden tardar más en alcanzar la salida de luz completa cuando se encienden, generalmente del orden de varios minutos en un ambiente a temperatura ambiente.

FIGURA 7.28 | SALIDA DE LÚMENES FRENTE A TEMPERATURA DE LA PARED DE LA BOMBILLA Características típicas de temperatura de lámparas fluorescentes para lámparas sin amalgama. La forma exacta de las curvas dependerá del tipo de lámpara y balasto; sin embargo, todas las lámparas fluorescentes sin amalgama tienen curvas de la misma forma general, ya que esto depende de la presión del vapor de mercurio.



7.3.2.4 FÓSFOROS

Aproximadamente el 97% del espectro de la lámpara fluorescente está determinado por el fósforo, y el resto se debe a la emisión directa de la descarga de mercurio a baja presión en la radiación óptica visible. La elección de los fósforos fija las lámparas CCT y CRI, y está fuertemente relacionada con la eficacia luminosa y el mantenimiento del lumen. La tabla 7.3 enumera algunos fósforos comercialmente importantes. Aunque varios minerales naturales exhiben fluorescencia, los enumerados en la tabla 7.3 son producto de la ingeniería química moderna. Los requisitos de las fuentes de luz modernas exigen compuestos altamente purificados combinados con una pequeña cantidad de otro compuesto que sirva como activador. La eficacia luminosa también depende de las características físicas del fósforo y de cómo se aplica a la pared de la bombilla. Debe ser lo suficientemente tupido para convertir eficientemente los rayos UV en radiación óptica visible, pero lo más delgado posible para evitar que las capas externas absorban la radiación óptica emitida por las capas internas. En las lámparas modernas, el espesor medio de la capa de fósforo es de unas tres capas de cristales.

7.3.2.5 BASES

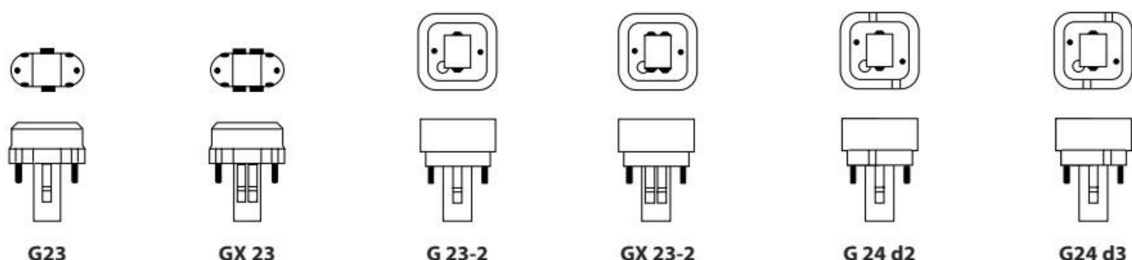
La base soporta físicamente la lámpara y proporciona un medio de conexión eléctrica. Las bases típicas para lámparas fluorescentes lineales y compactas se muestran en la Figura 7.30, que también incluye las designaciones ANSI. Las lámparas fluorescentes lineales de precalentamiento y arranque rápido tienen cuatro conexiones eléctricas, dos en cada extremo del tubo; que permite una ruta de circuito para el calentamiento del electrodo antes del encendido de la lámpara. Tales lámparas fluorescentes lineales bipin medianas también pueden funcionar en un modo de arranque instantáneo, que se rige por el balasto. Las lámparas fluorescentes lineales diseñadas para funcionar sólo con arranque instantáneo tienen sólo dos conexiones, un pin en cada extremo. Hay muchos enchufes disponibles para lámparas fluorescentes con bases bipin, incluidos aquellos con entrada de ranura recta y enchufes de un cuarto de vuelta que hacen clic y bloquean la lámpara en su lugar. Los zócalos de émbolo con resorte están disponibles para lámparas fluorescentes basadas en un solo pin y bipin. En el caso de lámparas circulares, se emplea una única conexión de cuatro pines ($G10_q$).

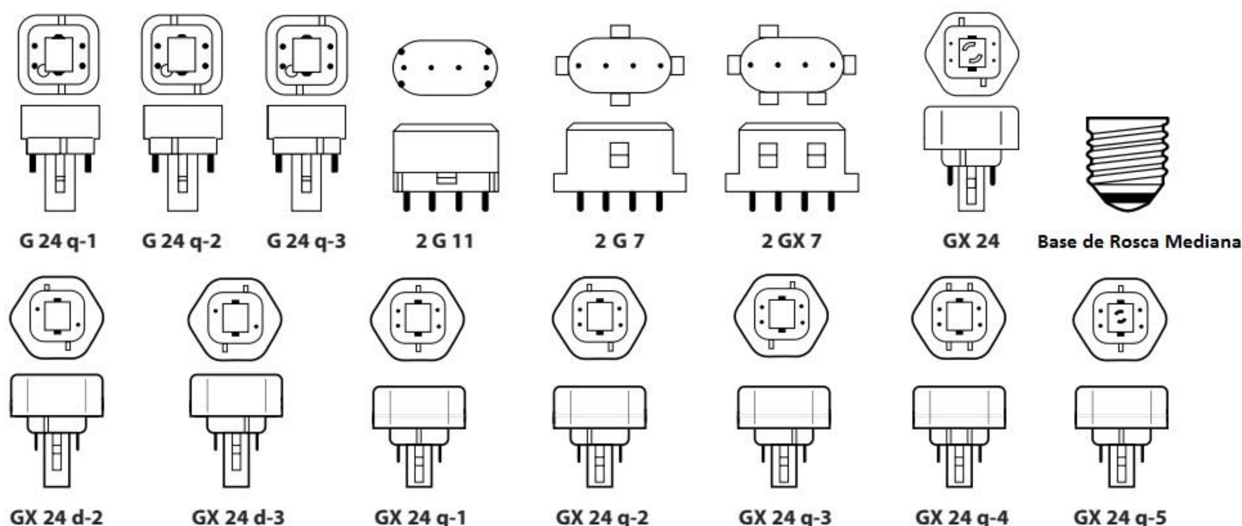
Tabla 7.3/ Fósforos Importantes para Lámparas Fluorescentes

Compuesto	Nombre Comercial	Activador	Pico de Emisión Máximo (nm)	Color de la Fluorescencia
Halos				
- Halofosfato Cálcico	Apatite	antimonio y manganesio	--	blanco
Triphosphors				
- Clorapatita de Estroncio	--	europio	447	azul
- Aluminato de magnesio y bario	BAM	europio	447	azul
• Clorapatita de Sr, Ca, Ba	--	europio	453	azul
• Aluminato de magnesio y terbio de cerio	CAT	--	541	verde
• Borato de magnesio y gadolinio de cerio	CBT	terbio	542	verde
• Óxido de itrio	YOX, YEO	europio	610	rojo-naranjo
Fósforos Especiales				
• Disilicato de bario	BSP	plomo	350	UV
• Silicato de zinc	Willemite	manganesio	525	verde
• Vanadato de fosfato de itrio	--	europio	620	rojo
• Pentaaluminato de litio	--	hierro	743	IR

Figura 7.30 | Bases para lámparas fluorescentes

Bases típicas para lámparas fluorescentes lineales y compactas. No a escala. Se muestran las designaciones ANSI. » Imágenes cortesía de Osram Sylvania







Las lámparas fluorescentes compactas de un solo extremo de diferentes potencias tienen diseños de base únicos para ayudar a garantizar su uso con el balasto correcto. Pueden tener dos o cuatro pines. Las variedades de dos clavijas tienen componentes de arranque montados en la base, incluido un arrancador de interruptor incandescente integral y un condensador de filtro de reducción de ruido. Estas lámparas no son regulables. Las bases de cuatro clavijas son más pequeñas (con el mismo potencia) y tales lámparas se pueden usar con balastos de atenuación. Las lámparas fluorescentes

compactas también pueden tener una base roscada mediana para compatibilidad con los portalámparas diseñados originalmente para su uso con lámparas incandescentes GLS. Tales lámparas fluorescentes compactas tienen un balasto integral. Tenga en cuenta que a medida que cambie la configuración de los pines, también lo harán el factor de potencia (PF) y la distorsión armónica total (THD). Esto no se debe directamente a las configuraciones de los pines, sino a los diferentes circuitos de balasto asociados con las diferentes configuraciones de los pines.

7.3.2.6 OTROS COMPONENTES DE LÁMPARAS FLUORESCENTES

Cuando se apaga una lámpara fluorescente, parte del mercurio vaporizado se condensa en la pared del foco, donde puede derretir momentáneamente el vidrio y luego quedar atrapado cuando el vidrio se enfría. Dicho mercurio atrapado ya no estará disponible para la descarga y, por lo tanto, el mercurio atrapado es un posible mecanismo de falla (consulte 7.3.6.3 Vida útil de la lámpara y mecanismo de falla). En el pasado, las lámparas se dosificaban con mercurio adicional para proporcionar una vida útil satisfactoria. Esta ya no es una práctica aceptable debido a la mayor conciencia de los efectos perjudiciales del mercurio y la legislación asociada que establece límites máximos para los materiales peligrosos en los productos de consumo. Las lámparas fluorescentes modernas emplean capas de barrera entre el vidrio y el fósforo que minimizan la absorción de mercurio cuando la lámpara se apaga y reducen las interacciones entre el mercurio y el vidrio durante el funcionamiento. La barrera también protege el fósforo del sodio en el vidrio, mejorando significativamente el mantenimiento de la luz. Finalmente, la barrera actúa como un reflector de UV y, por lo tanto, reduce la cantidad de fósforo necesaria para lograr la máxima eficacia luminosa. Los materiales empleados para la capa de barrera incluyen alúmina, alúmina gamma y alúmina alfa, pero también puede ser un óxido formado a partir del grupo que consta de magnesio, aluminio, titanio, circonio y elementos de tierras raras.

Se emplean otros revestimientos como auxiliares de partida. Se puede aplicar una capa delgada de óxido de estaño u indio entre la pared del tubo y el fósforo. Esta capa ayuda con el arranque en climas fríos y también se emplea en lámparas de potencia reducido que están diseñadas para funcionar con balastros de potencia estándar. La mayoría de las lámparas fluorescentes, especialmente las de tipo lineal, tienen una capa de silicona repelente al agua aplicada en su exterior para ayudar a prevenir problemas de encendido en ambientes con mucha humedad.

7.3.3 ESPECTRO

Se encuentran disponibles muchas lámparas fluorescentes blancas y de colores diferentes, cada una con su propio SPD característico, cuyos ejemplos se muestran en la Figura 7.31. Se incluyen CCT y CRI típicos para cada SPD. Las populares lámparas fluorescentes trifósforo de "luz blanca" utilizan tres fósforos activados por tierras raras de banda estrecha altamente eficientes con picos de emisión en las regiones de longitud de onda corta, media y larga del espectro visible. Las lámparas de trifósforo tienen una alta reproducción cromática y un mejor mantenimiento y eficacia de la luz, en comparación con las lámparas fluorescentes que emplean fósforos de halofosfato. Hay disponible una variedad de tipos de lámparas que irradian en regiones de longitud de onda particulares para fines específicos, como el crecimiento de plantas y la terapia médica. Se obtienen lámparas de varios colores, como rojo, azul, verde y dorado, mediante selección de fósforo y, en algunos casos, filtración sustractiva.

7.3.4 NOMENCLATURA

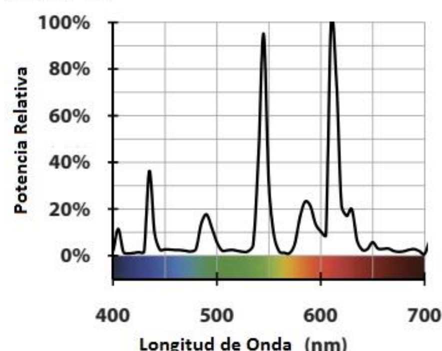
La nomenclatura de las lámparas fluorescentes tiende a seguir un patrón estándar, como se resume en la Tabla 7.4. Este es sólo un ejemplo; a menudo los fabricantes adoptarán variaciones. El bulbo normalmente se designa con una letra que indica la forma, seguida de un número que indica el diámetro máximo en octavos de pulgada. Por lo tanto, T8 indica un bulbo tubular de 8/8 pulg. o 1 pulg. (26 mm) de diámetro. Se incluyen códigos numéricos para indicar el CCT y el CRI, seguidos de modificadores opcionales que pueden indicar características tales como vida útil prolongada (por ejemplo: XL, XXL), potencia reducido (por ejemplo: EW, ES) o alto flujo luminoso (por ejemplo, : HL, HO).

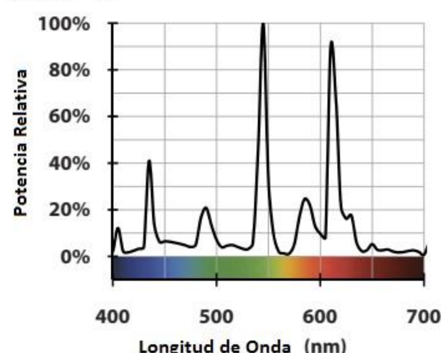
7.3.5 TIPOS

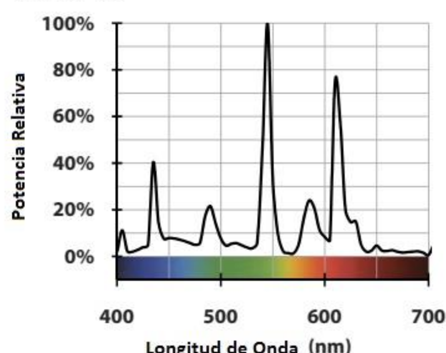
La mayoría de las lámparas fluorescentes pueden clasificarse como lineales o compactas. Se han adoptado diámetros de tubo estándar para lámparas lineales: T1 (3,2 mm), T2 (6,4 mm), T5 (16 mm), T6 (19 mm), T8 (26 mm), T10 (32 mm), T12 (38 mm) y T17 (54 mm). Las longitudes nominales más comunes para lámparas fluorescentes rectas son de 24 a 48 pulg. (1200 mm) para lámparas T12 y T8 de 21 a 46 pulg. (1150 mm) para lámparas T5; la gama completa incluye longitudes de 6 pulg. (150 mm) a 8 pies (2400 mm). La longitud nominal incluye el espesor de los portalámparas estándar y es la dimensión espalda con espalda de los portalámparas con lámpara colocada. Las lámparas fluorescentes compactas se basan en tornillos (también conocidas como integradas, modernizadas), basadas en clavijas (también conocidas como casquillos dedicados) o tienen una base especial con pasador de giro y bloqueo con un balasto integral (también conocida como GU24). Otros tipos de lámparas fluorescentes incluyen lámparas fluorescentes circulares, de cátodo frío y de descarga inductiva. Los tipos de lámparas fluorescentes más comunes se resumen a continuación.

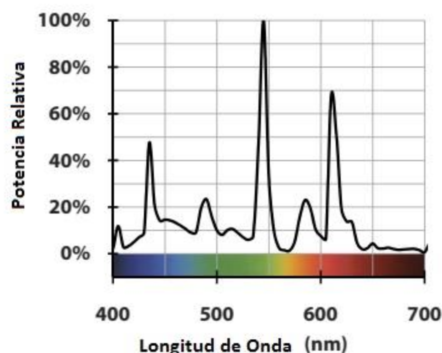
FIGURA 7.31 | SPD DE LÁMPARAS FLUORESCENTES

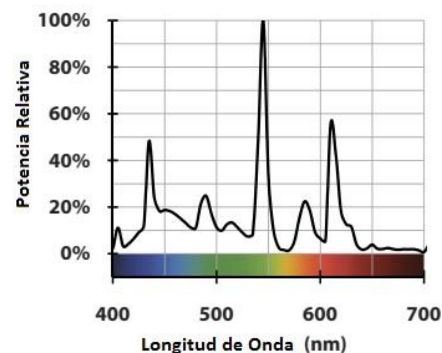
Distribuciones de potencia espectral aproximadas para varios tipos de lámparas fluorescentes lineales.

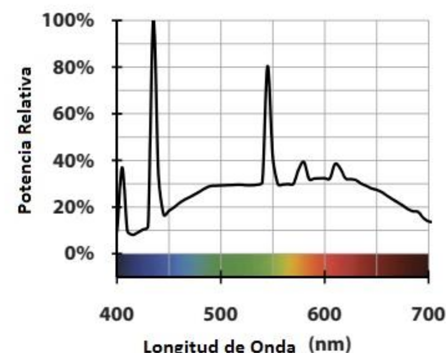












7.3.5.1 LÁMPARAS T12 LINEALES DE SALIDA ESTÁNDAR

Según los términos de la Ley de Política Energética Nacional de 1992 (EPACT) y legislación similar en Canadá, muchas de las lámparas T12 de potencia completo ya no se pueden fabricar debido a sus características relativas a baja eficacia y/o pobre color. La legislación energética permite el uso de lámparas T12 de potencia reducida, como las lámparas de 48 pulgadas de 34 W, que se promocionan como lámparas de bajo consumo. Si bien estas lámparas consumen menos energía

que las de mayor potencia, no son necesariamente más eficaces. Las lámparas T12, 34 W, 48 pulgadas se llenan con una mezcla de gas argón-criptón, en lugar de solo argón, y disipan aproximadamente 34 W por lámpara con la correspondiente reducción en la producción de lúmenes. Estas lámparas de potencia reducido pueden reemplazar directamente a sus contrapartes T12 de potencia completo, excepto en aplicaciones donde la temperatura de la lámpara es demasiado baja o el balasto no es adecuado. Una aplicación inadecuada típica es una actualización para " luminarias en "Iluminación de Tiendas, que son accesorios de grado residencial, a menudo utilizados en un taller, que normalmente contienen un balasto de bajo factor de potencia. La idoneidad debe verificarse con el fabricante del balasto antes de la modificación. Los balastos de atenuación para lámparas T12 de potencia reducido no están disponibles. Los circuitos de balasto de lámpara que emplean lámparas T12 de salida estándar de 48 pulgadas tienen una eficacia del sistema comparativamente baja. Por lo general, deben reemplazarse con sistemas de iluminación que empleen tecnologías más eficientes, como (pero no exclusivamente) los sistemas que emplean balastos electrónicos y lámparas T5 o T8.

TABLA 7.4/ NOMENCLATURA PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES

	F (a)	32 (b)	T8 (c)	835 (d)	XL (e)
(a)	Tipo de lámpara. "F" se emplea para lámparas fluorescentes. Se emplea "FB" o "FU" para lámparas dobladas en U , "FS" o "FL" para lámparas de doble tubo, "FD" para doble tubo doble, "FT" para triple tubo doble y "FQ" para tubo cuádruple doble				
(b)	Potencia para lámparas de precalentamiento y arranque rápido; o la longitud de la lámpara (pulg.) para lámparas delgadas y algunas lámparas HO.				
(c)	Diámetro del tubo en octavos de pulgada. "T8" es un tubo de 1 pulg. (26 mm) de diámetro del tubo y T5" es un tubo de 5/8" (16 mm) de diámetro.				
(d)	Color de la lámpara. El primer numeral, en este ejemplo "8", representa el primer dígito del CRI (entre 80 y 89); los siguientes dos números, "35", representan los dos primeros dígitos del CCT (aproximadamente 3500 K). Los números pueden estar precedidos por "RE" para tierras raras o pueden ser códigos de letras específicos del fabricante. Para las lámparas de halofosfato, el color puede representarse como en estos ejemplos: "CW" para blanco frío o "WW" para blanco cálido.				
(e)	Modificadores opcionales. "XL" o "XLL" representan vida extra y vida extra larga, "HO" y "HL" representan alto rendimiento y alto lumen. Son posibles otros modificadores.				

7.3.5.2 LÁMPARAS SLIMLINE (Línea Delgada)

Las lámparas Slimline son similares a las lámparas T12 de salida estándar en su carga de energía. Usan una base de un solo pin en lugar de la base bi-pin o dos pines, son de arranque instantáneo (ver 7.3.6.5 Balastos) y no requieren un arrancador de lámpara. Las lámparas Slimline están disponibles en varias longitudes hasta 2440 mm (96 pulg.) y en diámetros T6, T8 y T12.

7.3.5.3 LÁMPARAS T8 Y T12 DE SALIDA ALTA

Estas son lámparas de encendido rápido (ver 7.3.6.5 Balastos) diseñadas para operar con corriente más alta que las lámparas de salida estándar. Esta familia de lámparas se aplica comúnmente cuando la lámpara estándar no proporciona suficiente salida de lúmenes por longitud de lámpara. Ambos diámetros están disponibles en longitudes de 1220 mm (48 in), 1830 mm (72 in) y 2440 mm (96 in) y son especialmente adecuadas para aplicaciones en exteriores. Utilizan una base de doble contacto empotrada. Las lámparas estándar T12 de alto rendimiento están afectadas por la legislación EPACT; Hay disponibles versiones de potencia reducida que cumplen con los requisitos legislativos.

7.3.5.4 LÁMPARAS T12 DE SALIDA MUY ALTA

La lámpara fluorescente de 1500 mA tiene un diseño de arranque rápido y tiene la densidad de corriente más alta comúnmente disponible. Es físicamente, pero no eléctricamente, intercambiable con la lámpara T12 de salida alta de 800 mA y se utiliza cuando una lámpara de menor corriente no cumple con los requisitos de salida de lúmenes. Las lámparas estándar están afectadas por la legislación EPACT; hay disponibles versiones de potencia reducida que cumplen con los requisitos legislativos.

7.3.5.5 LÁMPARAS T8 LINEALES

El diámetro relativamente pequeño de las lámparas T8, en comparación con la sección transversal T12 para la que se diseñó originalmente, permite el uso económico de lámparas de mayor calidad con fósforos de tierras raras. Están disponibles en muchas variedades de potencia, longitud, salida de lúmenes, vida nominal, CCT e CRI. Las lámparas T8 dominan el mercado de la iluminación general. La lámpara T8 estándar de 48” (1219 mm) está diseñada para consumir aproximadamente 32 W. Al momento de escribir este artículo, hay versiones disponibles que consumen 25, 28 y 30 W. Las lámparas de menor potencia están diseñadas para ser compatibles con balastos estándares. Las lámparas T8 están disponibles en longitudes similares a las T12 con bases y portalámparas compatibles, pero tienen diferentes requisitos eléctricos y requieren un balasto diferente. En situaciones de reacondicionamiento, se debe reemplazar el balasto. Consulte también 13.13.2 Lámparas y balastos T8 de alto rendimiento. Las lámparas T8 tienen menos energía incorporada que las lámparas T12 porque usan menos materias primas, tienen un embalaje reducido, son más livianas y se requiere menos combustible para el transporte. Ver también 13.11 Sostenibilidad y 19 | SOSTENIBILIDAD.

7.3.5.6 LÁMPARAS T5 LINEALES

Las lámparas fluorescentes T5 son una familia de lámparas de tubo recto de menor diámetro que emplean tecnología trifósforo. Disponible en longitudes métricas y bases mini bipin, la forma T5 proporciona una luminancia de fuente más alta que T8 y un mejor control óptico. Las lámparas proporcionan una salida de luz óptima a una temperatura ambiente de 35 °C (95 °F) en lugar de los típicos 25 °C (77 °F) de las lámparas T8, lo que permite el diseño de luminarias más compactas. También están disponibles versiones de alto rendimiento que proporcionan aproximadamente el doble de lúmenes y potencia con la misma longitud que las versiones estándar. Las lámparas T5 están diseñadas para funcionar únicamente con balastos electrónicos. Sus longitudes métricas, requisitos especiales de portalámparas y balastos, y una fuente de luminancia más alta los hacen inadecuados para la mayoría de las aplicaciones de actualización. Las lámparas T5 se utilizan normalmente en luminarias menos profundas que las que se utilizan para las lámparas T8. La eficiencia óptica de las luminarias es generalmente mejor debido al tamaño más pequeño de la lámpara. Tenga en cuenta que no todas las lámparas T5 son atenuables y se debe consultar a los fabricantes de lámparas y balastos para determinar la compatibilidad de atenuación. Las lámparas T5 tienen menos energía incorporada que las lámparas T8 porque usan menos materias primas, tienen un empaque más pequeño, son más livianas y se requiere menos combustible para el transporte. Ver también 13.11 Sostenibilidad y 19 | SOSTENIBILIDAD.

7.3.S.7 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS CON BASE DE CLAVIJAS Y CON BASE DE ROSCA

La familia de lámparas fluorescentes compactas incluye una variedad de lámparas de base única con múltiples tubos. Normalmente se utilizan tubos T4 y T5, y existen muchas técnicas para agregar, doblar y conectar los tubos para obtener el tamaño físico y la salida de luz deseada. Debido a la alta densidad de potencia de estas lámparas, los fósforos de alto rendimiento se utilizan ampliamente para lograr la producción de lúmenes, el mantenimiento de lúmenes y la reproducción del color deseados. Inicialmente se diseñaron para reemplazar físicamente las lámparas incandescentes GLS convencionales de 25 a 100 vatios, pero esta familia de lámparas ahora incluye tamaños que reemplazan las lámparas fluorescentes lineales en luminarias más pequeñas. En comparación con las lámparas de filamento, las lámparas fluorescentes compactas tienen más lúmenes por vatio y brindan una vida útil más prolongada. Al momento de escribir este artículo, las potencias de las lámparas fluorescentes compactas varían de 5 a 55 W, y la salida de lúmenes nominal varía de 250 a 4800 lúmenes. La longitud total de la lámpara varía de 100 a 570 mm (3,93 a 22,4 pulg.), según la potencia y la construcción de la lámpara. Los enchufes pueden tener configuraciones de 2 o 4 pines, o estar diseñados para aceptar una base de rosca. Las lámparas con base de rosca tienen un balasto integral y, por lo tanto, tienen un tamaño total mayor que las versiones con base de clavija de la misma potencia. Las versiones de 4 pines generalmente se combinan con balastos electrónicos que pueden ser regulables o encendidos/apagados. Las versiones de 2 pines también se pueden emparejar con balastos electrónicos, pero no se pueden atenuar. Algunas lámparas de rosca tienen atenuación parcial.

7.3.5.8 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS GU24

La GU24 es un tipo de base compuesta por dos bayonetas de una forma y espaciado específicos, que son compatibles con un portalámparas de giro y bloqueo especialmente diseñado. Las lámparas fluorescentes compactas que emplean una base GU24 tienen un balasto integral y, por lo tanto, son eléctricamente compatibles con cualquier luminaria que emplee un portalámparas GU24. El beneficio es que una luminaria diseñada para el uso explícito de una lámpara fluorescente compacta GU24 no estará limitada a una lámpara de una sola potencia. Todavía no están disponibles en la amplia gama de potencias de lámpara disponibles en las configuraciones basadas en roscas. Las lámparas GU24 están disponibles de 7 a 25 W correspondientes a 300 a 1750 lúmenes. Las formas disponibles están destinadas a ser comparables con las lámparas incandescentes A, de llama, de globo y reflectoras. Algunos tienen atenuación parcial. Se espera que la mayoría de las luminarias con calificación Energy Star* utilicen la conexión GU24.

7.3.5.9 LÁMPARAS FLUORESCENTES DE DESCARGA INDUCTIVA

Las lámparas fluorescentes de descarga inductiva son lámparas fluorescentes de descarga de gas a baja presión que funcionan sin necesidad de electrodos. Usan un campo electromagnético (EM), en lugar de una corriente eléctrica que pasa a través de electrodos, para excitar el gas en una bombilla. Debido a que no hay electrodos que fallen, a veces se las denomina lámparas sin electrodos y tienen una vida útil estimada de hasta 100.000 horas. La potencia del generador de alta frecuencia, típicamente 200-300 KHz en un tipo y 2,65 MHz en otro, se acopla directamente a la descarga de vapor de mercurio. La descarga en sí actúa como la parte secundaria de un transformador, siendo la parte primaria una antena. Al igual que con las lámparas fluorescentes estándar, la luz se emite mediante una capa de fósforo excitada por la radiación ultravioleta de la descarga. El buque de descarga y el lastre/conductor son parte de un sistema sintonizado. Los componentes individuales pueden intercambiarse, pero por el momento, la combinación de lámpara/balasto debe ser del mismo fabricante. Las lámparas están disponibles en rangos de potencia de 23 W a 165 W. Estas lámparas encuentran un mayor uso en lugares de difícil acceso y donde el mantenimiento de lámparas o accesorios puede ser especialmente difícil.

Como todos los dispositivos electrónicos, las lámparas fluorescentes de descarga inductiva generan ondas EM. La interferencia electromagnética (EMI) ocurre cuando las señales EM no deseadas, que pueden viajar a través del cableado o irradiarse por el aire, interfieren con las señales deseables de otros dispositivos. En los Estados Unidos, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) regula las emisiones EM en las frecuencias de comunicación de 450 kHz a más de 960

MHz. Canadá también regula las emisiones EM sobre estas frecuencias a través de Industry Canada. Los fabricantes deben cumplir con las regulaciones de la FCC para vender productos en los Estados Unidos. Sin embargo, el cumplimiento del fabricante no garantiza que no se produzcan EMI en frecuencias no reguladas. El Comité Especial Internacional sobre Interferencias de Radio de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), Subcomité F, desarrolla estándares para EMI de dispositivos de iluminación.

7.3.5.10 LÁMPARAS FLUORESCENTES DE CÁTODO FRÍO

Las lámparas fluorescentes de cátodo frío a menudo se utilizan en aplicaciones decorativas, iluminación de letreros y otras aplicaciones arquitectónicas. Debido a las altas pérdidas de energía asociadas con el funcionamiento de los electrodos, no son tan eficaces como las lámparas de cátodo caliente más difundidas para longitudes de hasta 2,44 m (8 pies). Las lámparas se pueden fabricar a medida en formas y tamaños especiales. Con frecuencia se fabrican con tubos de diámetro pequeño para que se puedan doblar en varias formas y tamaños. Las lámparas de cátodo frío con fósforos de color pueden reemplazar los tubos de neón en muchas aplicaciones donde las fuentes expuestas son aceptables o deseables. Las lámparas de cátodo frío tienen encendido inmediato, incluso en condiciones de frío, y una larga vida útil que no se ve afectada por el número de encendidos. También hay disponibles lámparas compactas de cátodo frío.

7.3.5.11 LÁMPARAS UV

Una descarga de mercurio a baja presión genera radiación UV que en una lámpara fluorescente ordinaria se convierte en radiación óptica visible mediante fósforos. Las lámparas UV que hacen uso de la descarga de mercurio a baja presión se dividen en dos categorías: 1) aquellas que crean UV-C para esterilización y aplicaciones germicidas, y 2) aquellas que crean UV-A para efectos especiales de iluminación, como se usa a veces en teatros y discotecas (a.k.a. blacklights). Las lámparas UV-C no utilizan fósforo. Emplean una bombilla que transmite UV-C, como el cuarzo, o un material vítreo con un alto porcentaje de dióxido de silicio. Estas lámparas se utilizan para purificar el agua y superficies, endurecer pinturas, adhesivos y plásticos, exponer placas de impresión y ayudar con algunas tareas de inspección. Las lámparas UV-A emplean un fósforo que convierte los rayos UV-C y UV-B de longitud de onda corta, que están presentes en la descarga de mercurio a baja presión, en UV-A de longitud de onda más larga. Ver también 3.6 Radiación ultravioleta germicida y 13.9 Daño y daño físico.

7.3.6 FUNCIONAMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS

Las características relevantes de las lámparas fluorescentes incluyen: eficacia luminosa, mantenimiento de lúmenes, vida útil de la lámpara y mecanismo de falla, eficacia del sistema, balastos, atenuación, características térmicas, eliminación y reciclaje, radiación óptica no visible, distribución de intensidad y fuente de luminancia, y parpadeo.

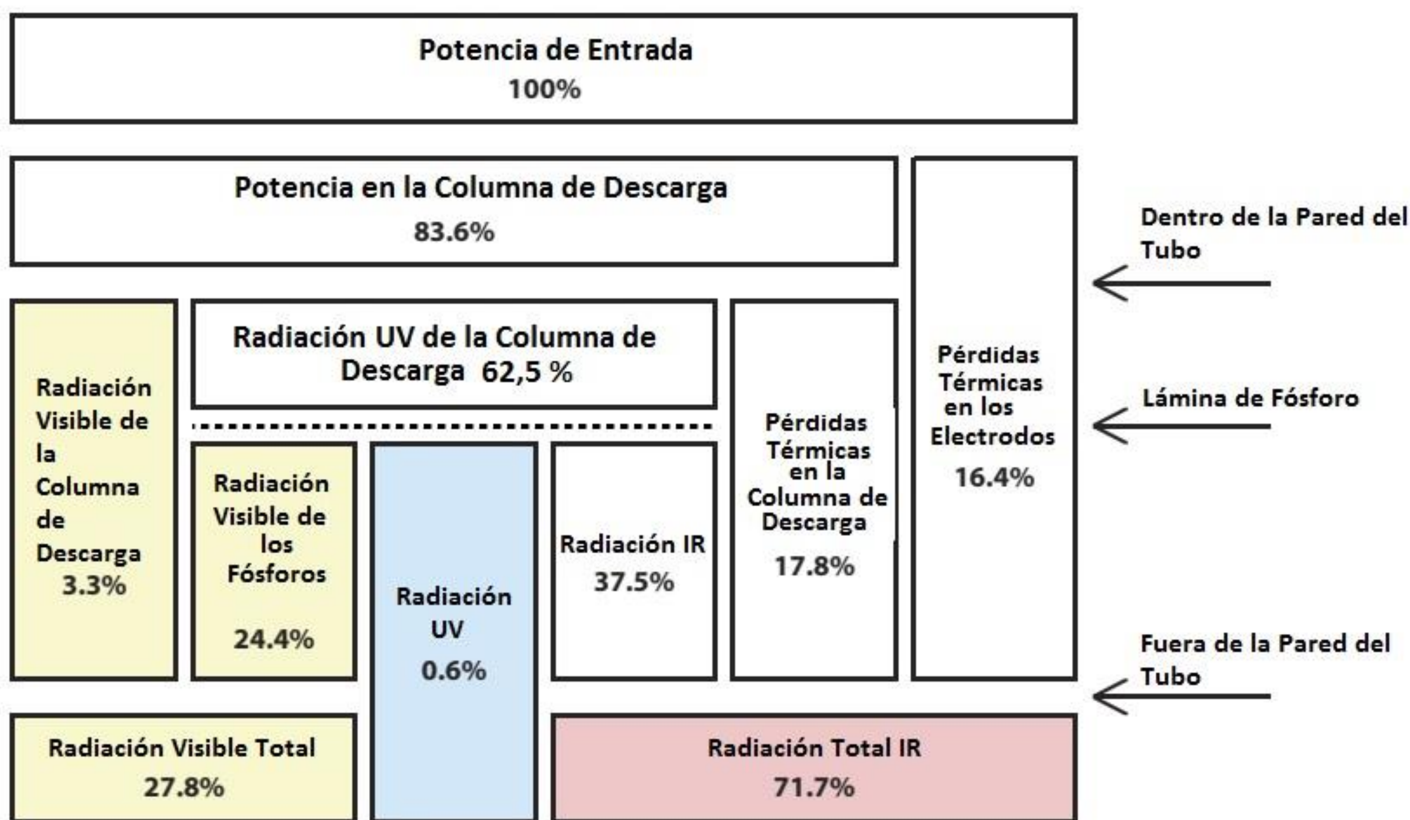
7.3.6.1 EFICACIA LUMINOSA

En una lámpara fluorescente se producen tres conversiones de energía principales: 1) la energía eléctrica se convierte en energía cinética mediante la aceleración de partículas cargadas; 2) la energía cinética se convierte en radiación electromagnética, particularmente UV, durante las colisiones de partículas; 3) El fósforo de la lámpara convierte los rayos UV en visibles. Durante cada conversión, parte de la energía se disipa en forma de calor y sólo un pequeño porcentaje de la entrada se convierte en radiación visible. La figura 7.32 muestra la distribución de energía aproximada en una lámpara fluorescente trifósforo típica. El diseño geométrico y las condiciones de funcionamiento influyen en la eficacia. A corriente constante, a medida que aumenta el diámetro de la lámpara, aumenta la eficacia, alcanza un máximo y luego disminuye. Esto ocurre porque: 1) en lámparas de pequeño diámetro, se pierde una cantidad excesiva de energía por recombinación de electrones con iones en la pared del bulbo; 2) en lámparas de gran diámetro, las pérdidas debidas al aprisionamiento de la radiación se hacen correspondientemente mayores. El diámetro óptimo del bulbo maximiza la eficacia al equilibrar estos factores. La longitud de la lámpara también influye en la eficacia; cuanto mayor es la longitud, mayor es la eficacia.

Esto se debe a dos pérdidas de energía separadas dentro de la lámpara: 1) la energía absorbida por los electrodos, que no generan ninguna luz apreciable; 2) las pérdidas de energía asociadas a la generación de luz. Las pérdidas del electrodo son esencialmente constantes, mientras que la pérdida asociada con la generación de luz depende de la longitud de la lámpara. A medida que aumenta la longitud de la lámpara, la pérdida del electrodo disminuye en relación con la pérdida total. El voltaje de operación de una lámpara, como su eficacia, es una función de su longitud. La tensión de funcionamiento es la suministrada a la lámpara por el balasto. No es el voltaje de línea del sistema del edificio lo que se suministra al balasto.

FIGURA 7.32 | EQUILIBRIO DE POTENCIA PARA UNA LÁMPARA FLUORESCENTE TRIFÓSFORO T8 LINEAL TÍPICA

Los porcentajes son fracciones de la potencia nominal de la lámpara en unidades de vatios. La figura está organizada de arriba (potencia de entrada) a abajo (potencia de salida).



7.3.6.2 MANTENIMIENTO DE LÚMENES

La salida de luz de las lámparas fluorescentes disminuye con el tiempo de operación acumulado debido a la degradación fotoquímica del recubrimiento de fósforo y el tubo de vidrio y la acumulación de depósitos absorbentes de luz dentro de la lámpara. La tasa de degradación del fósforo aumenta con la potencia del arco y disminuye con el aumento de la densidad del recubrimiento. Las curvas de depreciación del lumen de la lámpara (LLD) para diferentes lámparas fluorescentes se muestran en la Figura 7.33. Tenga en cuenta que la eficacia luminosa y la eficacia del sistema se degradan con el tiempo junto con LLD, ya que la potencia de entrada es relativamente constante durante la vida útil de una lámpara fluorescente. Los fósforos de tierras raras son más estables que los halofosfatos, lo que permite cargas de pared más altas. La LLD excepcional de las lámparas modernas T5 y T8 es el resultado del empleo de fósforos de tierras raras junto con recubrimientos protectores diseñados para reducir la degradación del fósforo. El depósito de material de recubrimiento del electrodo provoca el oscurecimiento final. El revestimiento del electrodo puede pulverizarse durante el arranque,

evaporarse durante el funcionamiento normal de la lámpara y depende de las condiciones de arranque y funcionamiento que rige el balasto. Los depósitos reducen la radiación ultravioleta en los fósforos, lo que reduce la salida de luz cerca de los extremos.

7.3.6.3 VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA Y MECANISMO DE FALLA

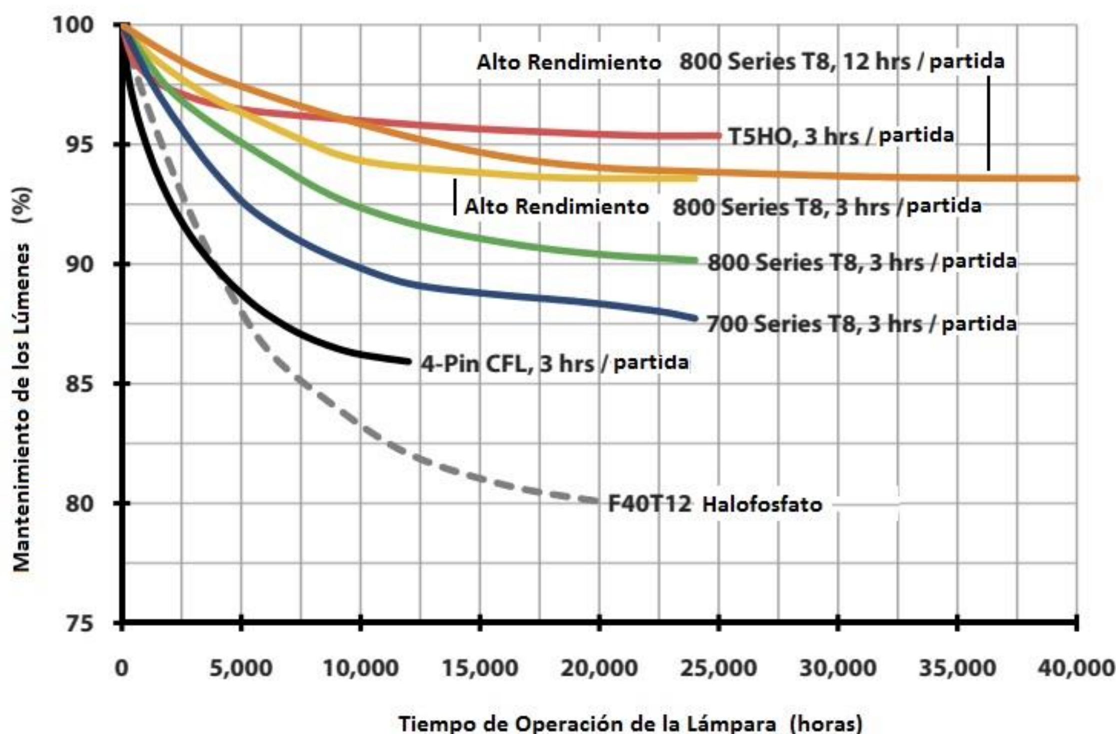
Reducir la potencia de una lámpara fluorescente no aumenta la vida útil de la lámpara como lo hace con las lámparas de filamento. El final de la vida útil suele deberse a una falla del electrodo o al agotamiento del mercurio. Una lámpara también puede fallar debido a una conexión a tierra mala o faltante.

Falla de electrodo

Parte del revestimiento emisivo de los electrodos se erosiona de los filamentos cada vez que se enciende la lámpara. El revestimiento emisivo también se pierde por evaporación durante el funcionamiento normal de la lámpara. Los electrodos están diseñados para minimizar ambos efectos. Cuando el revestimiento se elimina por completo de uno o ambos electrodos, o cuando el revestimiento restante deja de emitir, la lámpara ha llegado al final de su vida útil. La pérdida de material emisor de electrones puede acelerarse por varios factores: 1) conmutación excesiva, 2) precalentamiento insuficiente de los electrodos, 3) variaciones de voltaje de línea y 4) picos bruscos en la corriente de la lámpara. Debido a que parte del revestimiento emisivo se pierde de los electrodos durante cada encendido, la frecuencia de encendido de las lámparas de cátodo caliente puede influir en la vida útil de las lámparas. La vida media nominal de las lámparas fluorescentes generalmente se basa en tres horas de funcionamiento por encendido. El efecto estimado de los ciclos de encendido en la vida útil de la lámpara varía según la combinación de lámpara/balasto y según el fabricante de la lámpara. Las lámparas de cátodo frío no se ven afectadas de forma apreciable por la frecuencia de arranque. El precalentamiento insuficiente de los electrodos está asociado con el balasto. Algunos balastros electrónicos han sido diseñados para encendido instantáneo de lámparas T8 y T12 de encendido rápido (ver 7.3.6.5 Balastos). Estas combinaciones de lámpara/balasto tienen la ventaja de consumir menos energía porque no calientan los electrodos inicialmente ni durante el funcionamiento de la lámpara. Esto puede ocurrir a expensas de la vida útil de la lámpara, particularmente en aplicaciones con conmutación frecuente como con sensores de ocupación. Si el voltaje de la línea es demasiado alto, puede provocar el encendido instantáneo de las lámparas en los circuitos de precalentamiento y arranque rápido. Si es demasiado bajo, puede resultar en un encendido lento de las lámparas de encendido rápido o instantáneo, o el reciclaje de los arrancadores en los circuitos de precalentamiento. Todas estas condiciones afectan negativamente la vida útil de la lámpara. La relación de corriente máxima es el cociente entre el valor máximo de la corriente de la lámpara y el valor cuadrático medio (RMS). Para la mayoría de las lámparas fluorescentes, el factor de pico máximo permisible es de aproximadamente 1,7; de lo contrario, la vida útil puede verse afectada. Los balastos magnéticos tienen un factor máximo cercano a este valor, mientras que los balastos electrónicos tienen un factor máximo cercano a 1,0. Los balastos electrónicos también son mejores para controlar el voltaje a través de la lámpara a medida que fluctúa el voltaje de la línea. Estas son dos de las razones por las que las lámparas fluorescentes que funcionan con balastos electrónicos tienen una vida media más larga que las que funcionan con balastos magnéticos tradicionales (consulte 7.3.6.5 Balastos).

FIGURA 7.33 | LAS CURVAS DE DEPRECIACIÓN DE LÚMENES DE LÁMPARAS FLUORESCENTES (LLD)

Se basan en las horas por inicio indicadas y los balastos electrónicos de grado de especificación.



AGOTAMIENTO DEL MERCURIO

El consumo de mercurio está determinado por la cantidad de mercurio que se une a los componentes de la lámpara durante el funcionamiento y, por lo tanto, ya no está disponible para el funcionamiento de la lámpara. La falla de la lámpara puede ocurrir cuando ya no hay suficiente cantidad de mercurio para sostener el arco (ver 7.3.2.6 Otros componentes de lámparas fluorescentes).

7.3.6.4 EFICACIA DEL SISTEMA

La eficacia del sistema es igual a los lúmenes generados por la lámpara cuando funciona con un balasto o equipo auxiliar específico, dividido por los vatios de entrada en ese mismo balasto o equipo auxiliar. La eficacia del sistema es más relevante para el diseño de iluminación que la eficacia luminosa (ver 7.3.6.1 Eficacia luminosa). La eficacia del sistema se aplica a todas las lámparas que requieren balastro o equipo auxiliar, incluidas las de descarga inductiva, HID, cátodo frío y LED.

7.3.6.5 BALASTOS

Las lámparas fluorescentes, como todas las lámparas de descarga, tienen características de resistencia negativa y, por lo tanto, deben operarse con un balasto, que es un dispositivo limitador de corriente. El balasto también controla el encendido de la lámpara, las condiciones eléctricas durante el funcionamiento (p. ej., factor de potencia, armónicos) y es un componente clave de la eficacia del sistema. El componente limitador de corriente de un balasto puede ser una resistencia, un condensador, un inductor (también conocido como "estrangulador") o un circuito electrónico. Deben emplearse balastos electrónicos de alta frecuencia para nuevas especificaciones porque tienen varias ventajas importantes sobre los tipos magnéticos: lámpara mejorada y eficacia del sistema de aproximadamente un 10 %, sin parpadeo ni efectos estroboscópicos, circuito de arranque integrado, mayor vida útil de la lámpara, excelente capacidad

para regular la salida de lúmenes de la lámpara, corrección integrada del factor de potencia (PF), operación silenciosa, peso comparativamente liviano, muchas opciones para el voltaje de entrada y algunas se pueden usar con corriente continua (CC). Con respecto a la vida útil de la lámpara, algunos fabricantes brindan gráficos de la vida útil de la lámpara en función del método de encendido del balasto y el tipo de lámpara, y en función del ciclo de funcionamiento. Estos gráficos muestran que la combinación de lámpara/balasto puede afectar la vida útil de la lámpara en un 50 % o más. Se debe consultar a los fabricantes de lámparas y balastos al tomar una decisión sobre las especificaciones. Las partes típicas de un balasto electrónico incluyen: filtro de interferencia electromagnética (EMI); rectificador; preacondicionador; oscilador de alta frecuencia (inversor); dispositivo limitador de corriente; y control de circuito integrado (IC). El filtro EMI limita la retroalimentación en el sistema de energía y protege los componentes de balasto interno de las fluctuaciones de voltaje de la línea. El rectificador convierte el voltaje de línea de CA en voltaje de CC rectificado. El preacondicionador proporciona un constante Voltaje de CC para alimentar un oscilador de alta frecuencia, que invierte el CC preacondicionado en un voltaje de CA de 20 a 60 kHz. El preacondicionador también puede minimizar los armónicos de la línea de alimentación, contribuir a la secuencia de arranque y proporcionar la corrección del factor de potencia. El tablero de control IC es el cerebro del balasto que regula el funcionamiento de todos los componentes del balasto, mientras detecta y satisface los requisitos de potencia de las lámparas que están conectadas. Los balastos electrónicos tienen circuitos para configurar el arranque en frío de las lámparas conectadas y la operación de reinicio continuo, y pueden tener circuitos para detectar y actuar sobre comandos de atenuación. Si bien los balastos electrónicos usan circuitos integrados, que son confiables y duraderos, aún es necesario usar componentes individuales grandes debido al voltaje y la potencia involucrados y la necesidad de limitar la corriente de la lámpara. El modo de arranque del circuito de lastre puede ser precalentamiento, arranque rápido, arranque programado (también conocido como arranque programado, arranque rápido programado) o arranque instantáneo. El sistema de precalentamiento requiere un arrancador o interruptor externo y una demora de unos segundos para comenzar. Los tipos de encendido rápido esencialmente brindan un encendido inmediato con una salida de lúmenes casi completa y tienden a producir la vida útil nominal de la lámpara. Lo hacen con un breve período de calentamiento del electrodo, seguido de la aplicación de un voltaje más alto para iniciar el arco. El lastre de arranque instantáneo renuncia al electrodo y aplica un alto voltaje para crear un arranque instantáneo. Dichos circuitos producen una salida de lúmenes instantánea y tradicionalmente se asocian con lámparas que tienen diseños de base de un solo pin. Los balastos electrónicos de encendido instantáneo están disponibles para operar las lámparas de encendido rápido T8; este emparejamiento sufre la posibilidad de reducir la vida útil de la lámpara cuando las lámparas se encienden con frecuencia, como cuando se controlan mediante sensores de ocupación o de movimiento. Los balastos electrónicos de arranque programado están diseñados para minimizar el daño a los electrodos durante el arranque. Están diseñados para mantener la vida útil nominal de la lámpara, en comparación con los balastos de encendido instantáneo, cuando las lámparas se encienden con frecuencia. Debido a la amplia variabilidad en las características de rendimiento, se debe consultar la literatura de los fabricantes al tomar decisiones sobre especificaciones. Los inductores y condensadores ponen la onda de corriente de corriente alterna (CA) fuera de fase con la onda de voltaje. Se dice que la corriente a través de un capacitor se adelanta al voltaje aplicado, y que a través de un inductor se dice que se atrasa. Las condiciones fuera de fase se caracterizan por el factor de potencia, que se define como la relación entre la potencia de entrada y el producto de la tensión cuadrática media (RMS) y la corriente RMS. Representa la cantidad de corriente y voltaje que el cliente realmente está usando como una fracción de lo que debe suministrar la empresa de servicios públicos. El factor de potencia alto se define como superior al 90%. Un balasto con un factor de potencia bajo extrae más corriente de la fuente de alimentación, por lo que pueden ser necesarios conductores de alimentación más grandes o más circuitos. Los balastros de bajo factor de potencia son más comunes con los sistemas fluorescentes compactos que con los sistemas fluorescentes de 4 y 8 pies. Algunas empresas de servicios públicos requieren equipos de alto factor de potencia o han establecido cláusulas de penalización en su plan de tarifas para instalaciones con bajo factor de potencia. El factor de balasto (FB) es igual al cociente de la salida de lúmenes relativa de una lámpara (o lámparas) que funcionan con el balasto, por la salida de lúmenes de la misma lámpara (o lámparas) cuando funcionan con un balasto de referencia. Los balastos de referencia se analizan en detalle para cada tipo de lámpara

fluorescente en los estándares de lámpara ANSI aplicables. Un FB de 1,0 significa que el balasto impulsará la(s) lámpara(s) a la salida nominal de lúmenes. Si el FB es superior a 1,0, la lámpara producirá más lúmenes que los nominales. Por el contrario, si el FB es inferior a 1,0, la lámpara producirá menos lúmenes que los nominales. La salida de lúmenes es igual al producto de los lúmenes nominales de la(s) lámpara(s) y FB. Los balastos están disponibles con FB superiores o inferiores a 1,0. Los balastos de lámparas fluorescentes se pueden caracterizar libremente como FB alto (= 1,15), FB estándar (= 0,88) y FB bajo (= 0,75). Comercialmente, hay muchas opciones disponibles dentro del rango de alrededor de 0,70 a 1,35. No existe una relación directa entre el FB y la eficacia del sistema, que tiende a ser comparable para balastos de FB alto, estándar y bajo. El FB se puede usar para ajustar la salida de lúmenes, lo que es particularmente útil cuando se intenta equilibrar el diseño de la luminaria con la cantidad de luz y la potencia conectada, o en aplicaciones de actualización. El factor de eficacia del lastre (BEF) se desarrolló únicamente con fines normativos y no está relacionado con la eficiencia del lastre. Se calcula como factor de lastre en porcentaje, dividido por la entrada total de potencia en vatios. En los Estados Unidos y Canadá, las reglamentaciones gubernamentales establecen límites en el BEF de algunos balastos para lámparas fluorescentes de 1,22 m (4 pies) y 2,44 m (8 pies), como se resume en la Tabla 7.5. Se excluyen específicamente los balastos de atenuación, los balastos destinados al arranque en climas fríos (como para la señalización exterior) y algunos balastos diseñados para uso residencial. Los armónicos de corriente de línea son aquellos componentes de la corriente de línea que oscilan a múltiplos enteros bajos de la frecuencia fundamental de la fuente de alimentación. En América del Norte, la frecuencia fundamental es de 60 Hz, el segundo armónico es de 120 Hz, el tercer armónico es de 180 Hz y así sucesivamente. Si no se implementan las correcciones, los componentes electrónicos de estado sólido pueden causar armónicos sustanciales de corriente de línea. Esto puede ser especialmente problemático en instalaciones trifásicas si la corriente del tercer armónico es grande, ya que el tercer armónico y sus múltiplos se suman al cable neutro, mientras que las corrientes fundamentales tienden a cancelarse entre sí. Si el tercer armónico es el 33,3% del fundamental, entonces el tercer armónico total en el cable neutro será igual al fundamental en los cables de fase. Esto puede causar problemas, incluido el sobrecalentamiento, si el cable neutro no tiene el tamaño adecuado. Por estas razones, ANSI C82.11 Consolidated-2002 [24] establece límites en el contenido de armónicos en la corriente de línea para balastos electrónicos.

Tabla 7.5 | Estándares de EE. UU. y Canadá para el factor de eficacia del balasto

Aplicable para el funcionamiento de:	Voltage (V) de Entrada del Balasto	Potencia (W) Nominal Total de la Lámpara	Eficacia Mínima del Factor (BEF) del Balasto	
			Nivel 1	Nivel 2
Balastos para Instalaciones Nuevas			--	3-Feb-95
Balastos de Reemplazo			1-Abr-05	1-Abr-10
Un F40T12 o Un F40T10	120	40	1.805	2.29
	277	40	1.805	2.29
	347	40	1.75	2.22
Un F34T12	120	34	1.805	2.61
	277	34	1.805	2.61
	347	34	1.75	2.53
Dos F40T12 o dos F40T10	120	80	1.06	1.17
	277	80	1.05	1.17
	347	80	1.02	1.12
Dos F34T12	120	68	1.06	1.35
	277	68	1.05	1.35
	347	68	1.02	1.29
Dos F96T12/IS	120	150	0.57	0.63
	277	150	0.57	0.63
	347	150	0.53	0.62
Dos F96T12/ES	120	120	0.57	0.77
	277	120	0.57	0.77
	347	120	0.53	0.76
Dos 110W F96T12HO	120	220	0.39	0.39
	277	220	0.39	0.39
	347	220	0.38	0.38
Dos F96T12HO/ES	120	190	0.39	0.42
	277	190	0.39	0.42
	347	190	0.38	0.41
Dos F32T8	120	64	1.25	1.25
	277	64	1.23	1.23
	347	64	1.20	1.20

7.3.6.6 ATENUACIÓN

La atenuación continua se logra reduciendo la corriente de la lámpara. Al mismo tiempo, es necesario suministrar el voltaje de arranque completo y mantener el voltaje de reencendido necesario en cada medio ciclo de 60 Hz, lo que se vuelve cada vez más importante a medida que se reduce la salida de lúmenes de la lámpara. Si el circuito del balasto no mantiene el voltaje de reencendido, la(s) lámpara(s) se apagarán. También es necesario proporcionar calentamiento del cátodo para mantener las emisiones de electrones requeridas de los electrodos en todos los niveles de salida del lumen. Las condiciones eléctricas necesarias se crean mediante un balasto de atenuación, que recibe una señal de un controlador, como un interruptor de pared, una fotocélula de luz diurna, una interfaz de computadora y/o un control remoto manual. La mayoría de los balastos de atenuación disponibles comercialmente son electrónicos, aunque todavía se pueden encontrar balastos de atenuación magnéticos en construcciones existentes. El balasto de atenuación debe poder comunicarse con los dispositivos de control conectados, lo que forma la base para un protocolo de control. Los protocolos de control pueden ser analógicos o digitales. El equipo de control analógico incluye 0-10 V CC, control de fase de dos hilos, control de fase de tres hilos y control infrarrojo. El control digital utiliza un sistema de cinco conductores con cables separados para alimentación y control digital. Proporciona un mayor grado de capacidad de control, incluida la capacidad de direccionar y agrupar balastos individualmente, reconfigurar zonas y escenas sin volver a cablear, monitorear digitalmente el uso y detectar y diagnosticar fallas dentro de los circuitos de iluminación. La Tabla 7.6 resume los principales sistemas de atenuación de lámparas fluorescentes que utilizan balastos electrónicos.

La atenuación escalonada se puede lograr de una de dos maneras: 1. apagando una o más lámparas en luminarias con lámparas múltiples; 2. con balastos de atenuación escalonada. Considere una luminaria de tres lámparas. En el método de conmutación, se puede usar un balastro de una lámpara o cableado en tándem para la lámpara interior y un balastro de dos lámparas para la lámpara exterior. Cambiando los balastos por separado, se pueden encender cero, una, dos o tres lámparas, correspondientes a pasos atenuados. La conmutación se puede controlar mediante un interruptor de pared, un sensor de ocupación, una fotocélula de luz diurna, un reloj interruptor o alguna combinación. En el método de atenuación escalonada, las tres lámparas se conectarían a un balasto de atenuación escalonada, diseñado para operar las tres lámparas a niveles de luz predefinidos, como 33 %, 66 % y 100 %. Los balastros Step dim están disponibles para una a tres lámparas, y con dos o tres pasos, más apagado.

7.3.6.7 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

La salida de lúmenes de las lámparas fluorescentes depende de la temperatura. Las lámparas T5 están diseñadas para lograr un flujo luminoso nominal a una temperatura más alta que las lámparas T8 (consulte 7.3.5.6 Lámparas T5 lineales). Las lámparas de amalgama están diseñadas para mantener la salida de lúmenes en un rango más amplio de temperaturas en comparación con las lámparas que no son de amalgama (consulte 7.3.2.3 Llenado de gas). El arranque en climas fríos se puede facilitar con diseños de lámparas especiales (consulte 7.3.2.6 Otros componentes de lámparas fluorescentes) y equipos de control (consulte 7.3.6.5 Balastos). Esta dependencia de la temperatura impone restricciones en el diseño y/o especificación de las luminarias, lo cual es un factor central en el control del ambiente térmico local experimentado por la(s) lámpara(s).

7.3.6.8 DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDAD Y LUMINANCIA DE LA FUENTE

La emisión de radiación óptica de los fósforos es difusa. Por lo tanto, la distribución de intensidad específica de una lámpara fluorescente depende de la geometría del tubo, que puede ser recto, curvo, doblado por la mitad o doblado muchas veces para formar una forma más compacta. A diferencia de los filamentos de tungsteno, que pueden acercarse a fuentes puntuales, las lámparas fluorescentes emiten radiación óptica en un área comparativamente grande. Las lámparas más pequeñas y las lámparas lineales de menor diámetro permiten una mejor óptica de la luminaria. A la misma salida de lúmenes, una lámpara con un área de superficie más pequeña tendrá una luminancia más alta.

Tabla 7.6/ Atenuación de lámparas Fluorescentes

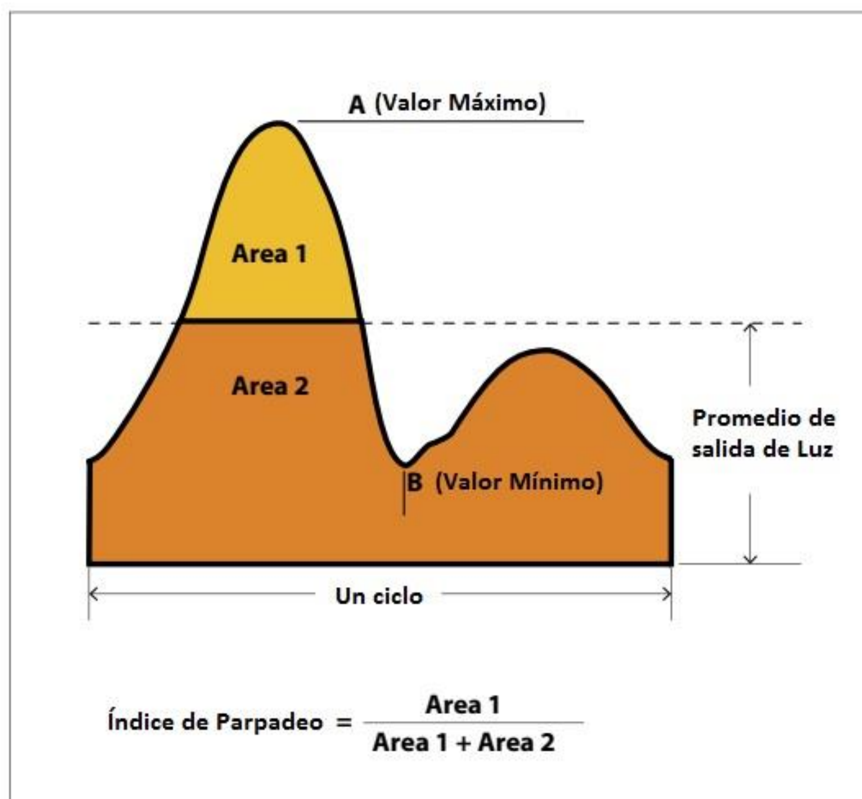
Método de Atenuación	Rango de Atenuación	Cableado	Controles Típicos
Digital	Los balastos de atenuación del 1 % al 117 % están disponibles	Se recomienda un cable Clase 1 de cinco hilos. La línea, el neutro y la tierra deben tener una clasificación Clase 1. Los dos cables de control pueden ser de Clase 1 o 2. Si son de Clase 2, deben instalarse por separado de los cables de alimentación. Algunos códigos requerián un conducto Clase 2 separado.	Sistema de gestión de la energía del edificio; sistema de automatización de iluminación; anulación del ocupante a través de PC y/o controles preestablecidos locales; fotocélulas de luz diurna; sensores de ocupación.
0-10 V	Los balastros 3%-100% están disponibles para lámparas T8; Hay balastos del 1 % al 100 % disponibles para lámparas T5HO	La línea, el neutro y la tierra pasan por el conducto que transporta los cables de voltaje de la línea. Los dos cables de control (a menudo un par trenzado) son de Clase 2 y no están permitidos en el mismo conducto. Algunos códigos requieren un conducto Clase 2 separado.	Sistemas de gestión de energía de edificios; sistema de automatización de iluminación; controles preestablecidos locales; fotocélulas de luz diurna; sensores de ocupación.
Control de Fase de dos-alambres	5%-100% disponible para lámparas T8; 1%-100% disponible para lámparas T5HO	La alimentación y el control utilizan los mismos cables de voltaje de línea. El balastro está cableado de la misma manera que un balastro convencional sin atenuación.	Controles locales accesibles a los ocupantes.
Control de Fase de tres alambres	1 %-100% disponible	Todos los cables son de Clase 1. En relación con el balasto de control de fase de dos cables, hay un cable de control adicional que se enruta en el mismo conducto que los otros cables.	Sistemas de gestión de energía de edificios; sistema de automatización de iluminación; control preestablecido local; fotocélulas de luz diurna; sensores de ocupación.
Control Infrarojo	1 %-100% disponible	No se requieren cables adicionales fuera de la luminaria. El dispositivo de atenuación es parte integral del balasto o una interfaz separada dentro de la luminaria.	Transmisor Infrarojo

7.3.6.9 PARPADEO

Las fuentes de luz de descarga operadas con corriente alterna parpadearán. El grado en que se percibe el parpadeo, si es que se percibe, depende de la frecuencia de la corriente alterna suministrada a la lámpara, la persistencia de la radiación óptica generada por la lámpara y las condiciones de visualización. El índice de parpadeo [25] es una medida relativa de la variación cíclica en la salida de varias fuentes a una frecuencia de potencia determinada. Tiene en cuenta la forma de onda de la salida de luz, así como su amplitud. Se calcula dividiendo el área por encima de la línea de salida de luz promedio por el área total debajo de la curva de salida de luz para una sola curva, como se muestra en la Figura 7.34. El índice de parpadeo tiene un rango de 0 a 1,0, con 0 para una salida de luz constante. El área 2 de la figura 7.34 puede estar cerca de cero si la salida de luz varía como picos periódicos, lo que lleva a un índice de parpadeo cercano a 1,0. Los valores más altos indican una mayor posibilidad de parpadeo notable y efecto estroboscópico. El índice de parpadeo no es adecuado para evaluar respuestas biológicas no visuales al parpadeo que pueden ocurrir cuando el parpadeo es imperceptible visualmente; ver [26] y [27] para revisiones. Cuando una lámpara fluorescente funciona con un balasto magnético con una frecuencia de entrada de energía de 60 Hz, la variación resultante de 120 Hz junto con la persistencia del fósforo hace que la salida de luz fluctuante sea demasiado rápida para que la perciba la mayoría de las personas. Esto supone, sin embargo, que la entrada de energía está libre de ruido eléctrico de otros equipos, lo que puede resultar en frecuencias que se manifiestan como un parpadeo visible. En condiciones de funcionamiento sin ruido, el índice de parpadeo de las lámparas fluorescentes típicas que funcionan con balastos electromagnéticos oscila entre 0,01 y aproximadamente 0,1. El índice es mucho más bajo cuando se emplean balastos electrónicos de alta frecuencia debido a la operación de alta frecuencia en el rango de 20 kHz y superior.

FIGURA 7.34 | ÍNDICE DE PARPADEO

Curva de la variación de salida de lúmenes de una lámpara durante cada ciclo, que muestra el método de cálculo del índice de parpadeo.



7.4 DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) incluyen los grupos comúnmente conocidos como mercurio de alta presión, halogenuros metálicos, halogenuros metálicos cerámicos y sodio de alta presión. El elemento productor de luz de estos tipos de lámparas es una descarga de arco contenida dentro de una envoltura refractaria (tubo de arco) con una carga de pared superior a 3 W/Cm^2 (19,4 W/in^2). Las lámparas de mercurio de alta presión no son adecuadas para las nuevas especificaciones y no se analizan aquí; los detalles técnicos se encuentran en ediciones anteriores del IES Lighting Handbook.

7.4.1 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

Todas las lámparas HID producen luz por medio de una descarga de arco eléctrico contenida en un tubo de arco, que normalmente se aloja dentro de una bombilla exterior. El tubo de arco contiene: electrodos que terminan la descarga del arco; un gas de partida que es relativamente fácil de ionizar a baja presión a temperatura ambiente normal; y metales seleccionados para producir radiación óptica. El gas inicial suele ser argón o xenón, o una mezcla de argón, neón y xenón, según el tipo de lámpara HID. Los metales, o compuestos de haluros de metales, producen líneas características de radiación óptica cuando se evaporan en la descarga del arco. Las lámparas de sodio de alta presión producen radiación óptica al excitar los átomos de sodio. Las lámparas de halogenuros metálicos producen radiación óptica excitando varios átomos y moléculas diferentes, que pueden incluir sodio, escandio, estaño, cesio, litio, tulio, holmio, disprosio, talio, calcio

y otros. La descarga de arco tiene una característica de resistencia negativa y, por lo tanto, todas las lámparas HID deben funcionar con un balasto (consulte 7.4.3 Balastos).

7.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA

El tubo de arco, hecho de cuarzo (sílice fundida) o cerámica (alúmina policristalina), suele estar contenido dentro de una bombilla exterior que puede estar hecha de vidrio blando o duro, o de cuarzo. Protege el tubo de arco y las conexiones eléctricas internas del entorno ambiental. La bombilla exterior puede estar recubierta con un material difusor para reducir la luminancia de la fuente. Con lámparas de halogenuros metálicos, si se emplea un revestimiento difuso, puede ser un fósforo seleccionado para mejorar la reproducción cromática al convertir la radiación UV en radiación óptica visible. Desde los tubos de arco de sodio de alta presión producen una cantidad insignificante de UV, se emplea un polvo blanco inerte cuando se desea la difusión. El material difusor aumenta el tamaño luminoso de la fuente, lo que puede disminuir la eficiencia óptica de la luminaria que alberga la lámpara. En algunas lámparas de halogenuros metálicos, la bombilla exterior está diseñada para absorber la radiación óptica UV. Cuando el tubo de arco está alojado dentro de un bulbo exterior, dentro del bulbo exterior habrá: cables para conducir la electricidad al tubo de arco; componentes estructurales para soportar el tubo de arco; y otros componentes que pueden incluir resistencias, diodos o potenciadores de UV que se usan para ayudar a iniciar la descarga del arco y dispositivos llamados captadores para purificar la atmósfera dentro del bulbo exterior. La atmósfera en el bulbo exterior puede ser un gas a baja presión (generalmente nitrógeno) o vacío. Para las lámparas con clasificación "O", que están diseñadas para operar en luminarias abiertas, el tubo de arco puede estar rodeado por una cubierta de contención. Las lámparas HID pueden tener bases roscadas (medianas o grandes) hechas de latón, níquel o aleaciones especiales para minimizar la corrosión. Algunas lámparas HID tienen bases de dos pines o pares de bases de un solo contacto en cada extremo de la lámpara para proporcionar conexiones eléctricas. Consulte la Figura 7.35 para conocer las bases de lámparas HID comunes.

7.4.3 BALASTOS

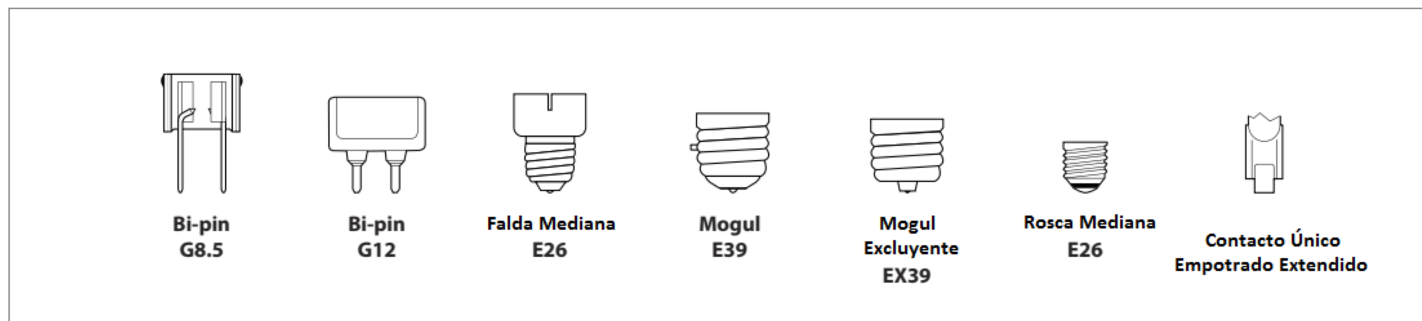
Todas las lámparas HID tienen características de resistencia negativa. Se debe proporcionar un dispositivo limitador de corriente, generalmente en forma de balasto de transformador y reactor, para evitar corrientes excesivas de lámpara y línea. Los balastos de circuito de retardo y de circuito principal están disponibles. El elemento de control de corriente de un balasto de circuito de retardo consta de una reactancia inductiva en serie con la lámpara. El elemento de control de corriente en los balastos de circuito principal consta de reactancia inductiva y capacitiva en serie con la lámpara; la reactancia neta es capacitiva en circuitos para lámparas de halogenuros metálicos e inductiva en circuitos para sodio a alta presión. Las pérdidas de potencia en los balastros suelen ser del orden del 5 al 15 % de la potencia de la lámpara. Para consideraciones específicas de lámparas, consulte 7.4.8.7 Balastos de halogenuros metálicos y 7.4.9.5 Balastos de sodio de alta presión.

7.4.4 ATENUACIÓN

Las lámparas de halogenuros metálicos y de sodio de alta presión están optimizadas para funcionar a plena potencia, pero se pueden obtener algunos ahorros de energía mediante la atenuación. El calentamiento lento y el retardo de reencendido en caliente, que son característicos de las fuentes HID, también se aplican a la atenuación. Las lámparas HID responden a los cambios en los ajustes de atenuación mucho más lentamente que las fuentes incandescentes o fluorescentes; los retrasos entre la salida de luz mínima y máxima varían de aproximadamente tres a diez minutos. Además de la velocidad, el rango de respuesta no es comparable al de la atenuación incandescente o fluorescente. En la mayoría de los casos, la eficacia y el color de la lámpara son razonablemente buenos hasta un 50 % de atenuación. Si bien no es muy adecuado para iluminación dramática o efectos teatrales, este rango puede ser bastante satisfactorio para muchas aplicaciones de administración de energía. La respuesta lenta de las lámparas HID proporciona una distracción mínima para los ocupantes.

FIGURA 7.35 | BASES DE LÁMPARAS HID

Las bases de lámparas HID comunes (no a escala). Se muestran las designaciones ANSI. » Imágenes cortesía de Osram Sylvania



Las lámparas HID deben encenderse a plena potencia y retrasar la atenuación hasta que la lámpara se caliente por completo. Los sistemas de atenuación correctamente diseñados garantizan que esto ocurra. La figura 7.36 proporciona la relación aproximada entre la potencia de entrada y la salida de lúmenes para lámparas de halogenuros metálicos con tubos de arco de cuarzo (QMH) y lámparas de sodio de alta presión (HPS). La garantía del fabricante de la lámpara puede verse limitada al atenuar.

7.4.5 VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA Y MANTENIMIENTO DE LÚMENES

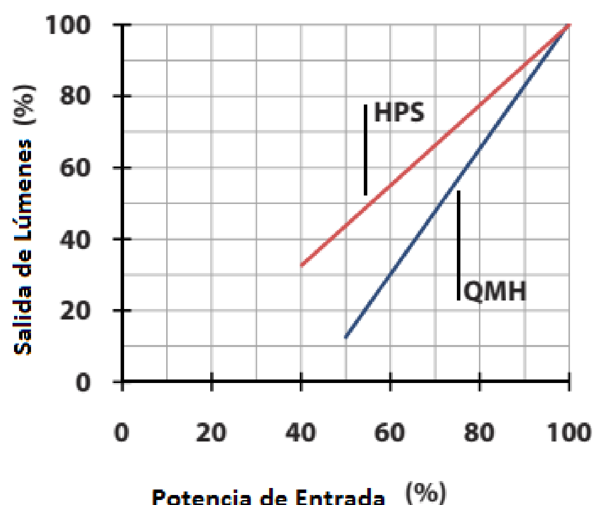
La vida útil nominal promedio de la lámpara se define como el tiempo después del cual el 50 % de un gran grupo de lámparas sigue en funcionamiento. El procedimiento IES prescribe ciclos de funcionamiento para lámparas HID de 11 horas encendidas, 1 hora apagadas [28]. La vida útil de la lámpara HID y el mantenimiento del flujo luminoso se ven afectados por los cambios en el ciclo operativo. Debe tenerse en cuenta en la literatura de los fabricantes cuando la vida útil de la lámpara se basa en algo que no sea el ciclo de 11 encendidos, 1 apagado. Como regla general, dado que el período de funcionamiento se reduce en un 50 %, la vida útil de la lámpara se reduce en aproximadamente un 25 %. Se debe contactar a los fabricantes de lámparas para obtener más información sobre ciclos de funcionamiento más cortos y vida útil reducida de la lámpara. Las lámparas HID generalmente se clasifican para lúmenes iniciales después de 100 horas de funcionamiento. Para ciertos tipos de lámparas y aplicaciones, se pueden considerar otros criterios además de fallas en la iluminación, como ciclos, cambio de color o reducción significativa en la producción de lúmenes. Consulte 7.4.8.10 Características de funcionamiento para obtener más detalles relacionados con las lámparas de halogenuros metálicos y 7.4.9.6 Características de funcionamiento para obtener más detalles relacionados con el sodio a alta presión.

7.4.6 PARPADEO Y EFECTO ESTROBOSCÓPICO

Las lámparas HID que emplean balastos magnéticos y funcionan en frecuencias de línea de 60 Hz pueden exhibir un parpadeo visiblemente perceptible. El parpadeo y el efecto estroboscópico pueden ser molestos para los espectadores en juegos como el tenis o el ping-pong, y los operadores de maquinaria giratoria pueden distraerlos. Para minimizar el efecto estroboscópico, se sugieren sistemas con un índice de parpadeo (consulte 7.3.6.9 Parpadeo) de 0,1 o menos. Tabla 7.7. proporciona el índice de parpadeo para lámparas HID que funcionan con diferentes tipos de balastro. En un sistema de distribución de energía trifásico, los efectos del parpadeo se pueden mitigar parcialmente al hacer funcionar luminarias alternas en diferentes fases. El único método para eliminar por completo el parpadeo es hacer funcionar las lámparas a alta frecuencia, lo que se puede lograr empleando balastos electrónicos de alta frecuencia. Sin embargo, en el momento de redactar este documento, algunos tipos de lámparas, como las de halogenuros metálicos cerámicos, no son compatibles con el funcionamiento de alta frecuencia debido a las inestabilidades de la resonancia acústica y la reducción de su vida útil. Se pueden emplear balastos electrónicos de onda cuadrada de baja frecuencia (LFSW) [29].

FIGURA 7.36 | SALIDA DE LÚMENES FRENTE A ENTRADA DE POTENCIA

La salida de lúmenes frente a entrada de potencia para lámparas de halogenuros metálicos con tubos de arco de cuarzo (QMH) y lámparas de sodio de alta presión (HPS). No se recomienda reducir la potencia de entrada por debajo de los límites indicados.



7.4.7 NOMENCLATURA

La nomenclatura de las lámparas HID tiende a seguir un patrón autorizado y administrado por ANSI, como se resume en la Tabla 7.8. Este es sólo un ejemplo; a menudo los fabricantes adoptarán variaciones. El tipo de lámpara HID se designa con una letra, seguida de un número de característica eléctrica que se utiliza para emparejar la lámpara con un balasto. Se incluye un código que describe las características de la bombilla. Se puede incluir una letra característica de la luminaria para indicar características tales como si la lámpara se puede usar o no en una luminaria abierta, o si se requiere y qué tipo de luminaria cerrada. Pueden seguir modificadores opcionales que indiquen características tales como potencia o CCT. Las designaciones oficiales se describen detalladamente en ANSI C78.380-2007 [30],

7.4.8 HALOGENUROS METÁLICOS

Los halogenuros metálicos se han convertido en las lámparas HID más versátiles. Se emplean para aplicaciones tan diversas como carreteras, campos deportivos, paisajismo, industriales, minoristas, iluminación con focos y faros de vehículos. Las lámparas de halogenuros metálicos generan sus lúmenes a partir de un tubo de arco relativamente pequeño hecho de cuarzo o cerámica, lo que les permite acoplarse de manera eficiente a los sistemas ópticos. Están disponibles en una amplia variedad de salidas de lúmenes, varios CCT diferentes y tienen características deseables que incluyen, una eficacia luminosa de buena a excelente, CRI de regular a excelente, y vida útil y mantenimiento de lúmenes de regular a buena.

Tabla 7.7 | Índice de Parpadeo para lámparas HID

Tipo de Lámpara	Balasto	Índice de Parpadeo
Sodio de Alta Presión		
250 W Deluxe	Reactor o CWA	0.131
250 W Standard	Reactor o CWA	0.200
Haluro Metálico con Tubo de Descarga de Cuarzo		
175 W Recubierta	CWA	0.083
175 W Clara -Vertical	CWA	0.078
175 W Clara -Horizontal	CWA	0.092
175 W 3200 K	CWA	0.090
250 W Clara -Vertical	CWA	0.102
250 W Clara -Horizontal	CWA	0.121
250 W Clara -Vertical	CWA-Premium	0.088
250 W Clara -Horizontal	CWA-Premium	0.097
250 W Recubierta (A)	CWA	0.070
250 W Recubierta (B)	CWA	0.092
250 W Alta Calidad de Color	Reactor	0.080
250 W Alta Calidad de Color	HPS-CWA	0.102
400 W Clara -Vertical	CWA	0.086
400 W Clara -Horizontal	CWA	0.095
1000 W Clara -Vertical	CWA	0.067

Tabla 7.8/ Nomenclatura de Lámparas HID

	M (a)	57 (b)	PF (c)	175/3K (d)
(a)	Tipo de lámpara HID. "S" se emplea para lámparas HPS, "M" es para lámparas de halogenuros metálicos con un tubo de arco de cuarzo, "MC" es para lámparas de halogenuros metálicos con un tubo de arco cerámico y "H" es para lámparas de vapor de mercurio. Se pueden emplear otras designaciones específicas del fabricante.			
(b)	Características electrónicas. Por ejemplo, "67" es una lámpara de halogenuros metálicos de 175 W, "51" es una lámpara HPS de 400 W. Estos números se utilizan para emparejar con un balasto adecuado.			
(c)	Características de la bombilla. Por ejemplo, "OF" es una bombilla LED recubierta de fósforo, "PE" es una bombilla ED transparente.			
(d)	Características adicionales. Muchos fabricantes de lámparas agregan códigos adicionales (y a menudo redundantes) que describen más explícitamente la potencia (175 W), la temperatura de color (3000 K) u otras características especiales.			

7.4.8.1 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

La radiación óptica se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor de elementos y moléculas que incluye mercurio y argón, y puede incluir sodio, escandio, estaño, cesio, litio, tulio, holmio, disprosio, talio, calcio y otros, convenientemente mezclados. Cuando se enciende la lámpara, el arco se inicia inicialmente a través de la ionización del argón. Una vez que se inicia el arco, su calor comienza a vaporizar el mercurio, siendo suficiente el calor adicional para vaporizar los haluros metálicos. Cuando la lámpara alcanza la temperatura máxima de funcionamiento, los haluros metálicos del tubo de arco se vaporizan parcialmente. Cuando los vapores de haluro se acercan al núcleo central de alta temperatura de la descarga, se disocian en el halógeno y los metales, y los metales irradian su espectro. A medida que los átomos de halógeno y metal se mueven cerca de la pared del tubo de arco más frío por difusión y convección, ellos se recombinan y el ciclo se repite. La descarga de los metales domina el espectro de radiación óptica que se genera (consulte 7.4.8.3 Espectro y 1.4.1 Estructura atómica y radiación óptica).

7.4.8.2 CONSTRUCCIÓN DEL TUBO DE ARCO (DESCARGA)

Hay muchas variaciones en el diseño del tubo de arco. El material puede ser cuarzo o cerámica. La forma puede ser nominalmente cilíndrica y cerrada por presión (si es de cuarzo) o sellada (si es de cerámica). También se puede formar en una forma no cilíndrica, incluso doblarse en un arco (si es cuarzo) cuando la lámpara está diseñada para operación horizontal, o formarse en un cuerpo ovoide (empleado con cuarzo y cerámica). En la figura 7.37 se ilustran varias construcciones. El propósito de dar forma al tubo del arco es mejorar la uniformidad de la temperatura al mantener el arco equidistante de la pared, lo que lleva a características deseables como una mejor uniformidad y estabilidad del color (consulte 7.4.8.4 Uniformidad y estabilidad del color). Los tubos de arco de cerámica permiten temperaturas de tubo de arco más altas, lo que da como resultado una mejor eficacia luminosa, reproducción cromática y estabilidad del color.

7.4.8.3 ESPECTRO

Cuando está totalmente estabilizado, el espectro de salida se debe a la emisión espectral característica de los metales dentro del arco. Dado que se pueden emplear alrededor de cincuenta yoduros metálicos, es posible una amplia gama de SPD, que van desde aquellos con espectros principalmente lineales hasta aquellos con espectros continuos. En la figura 7.38 se dan varios ejemplos de SPD.

7.4.8.4 UNIFORMIDAD Y ESTABILIDAD DEL COLOR

La temperatura del punto frío del tubo del arco determina la presión de vapor y la composición de la atmósfera de haluro en el arco y, por lo tanto, el color de la radiación óptica. Algunos tipos de lámparas de halogenuros metálicos exhiben variaciones de color inherentes de una lámpara a otra (uniformidad) y pueden cambiar de color a medida que envejecen (estabilidad). Esto es el resultado de variaciones en el proceso de fabricación (que afectan la uniformidad) y cambios químicos que ocurren durante la operación (que afectan la estabilidad). Los desafíos de fabricación incluyen: tamaño del espacio entre electrodos; geometría y volumen del tubo de arco; reflexión del calor; y densidad de haluros. Los cambios que ocurren a lo largo de la vida incluyen: transporte de tungsteno como resultado de reacciones con impurezas como el oxígeno y el agua; reacciones entre la dosis de haluro, las paredes del tubo de arco y los electrodos; y difusión de iones de sodio a través de la pared del tubo de arco.

FIGURA 7.37 | TUBOS DE ARCO DE HALURO METÁLICO

Se muestran tres ejemplos de tubos de arco de haluro metálico: (izquierda) cuarzo tubular con cuerpo pellizcado, inicio de sonda, (centro) cuarzo tubular con cuerpo pellizcado inicio de pulso; (derecha) cerámica cilíndrica. Todos los tubos de arco de cerámica emplean dos electrodos y están diseñados para arranque por pulsos. » Imágenes cortesía de General Electric Company

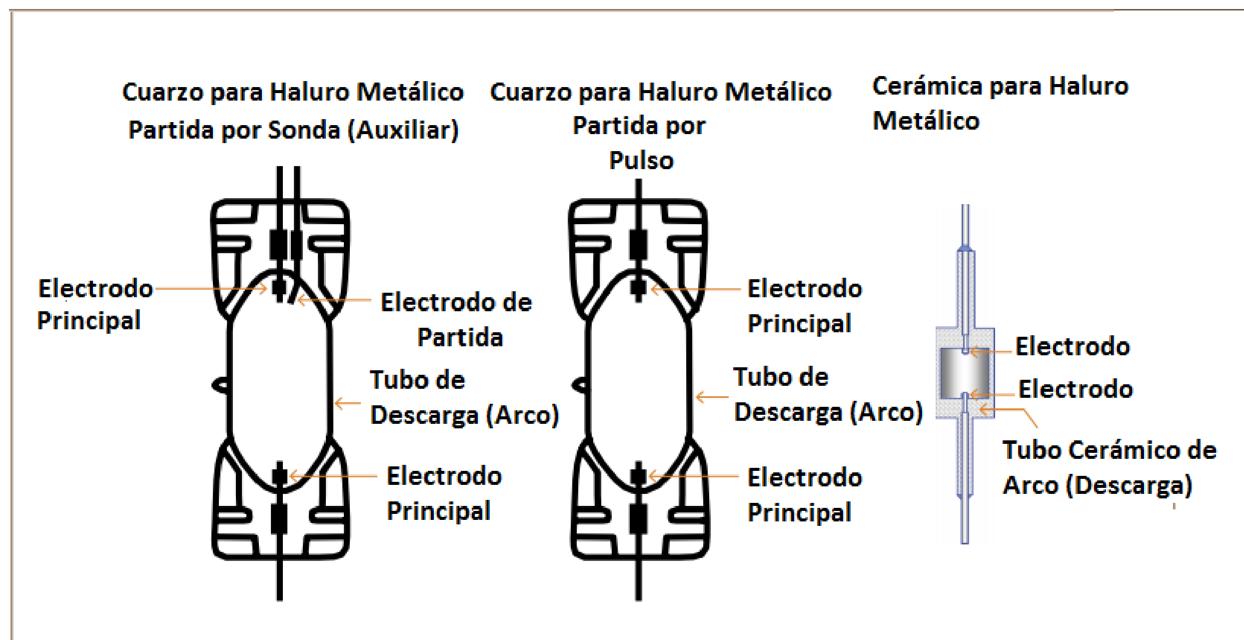
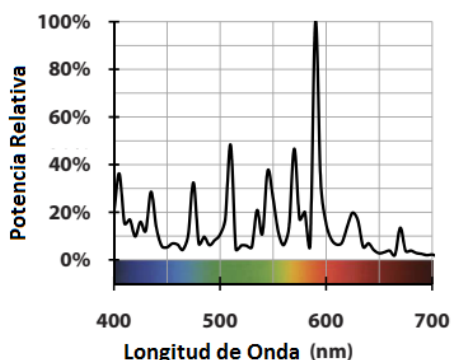
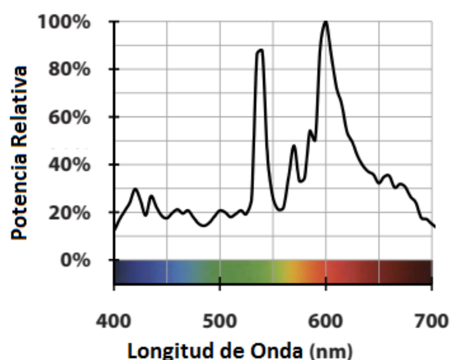
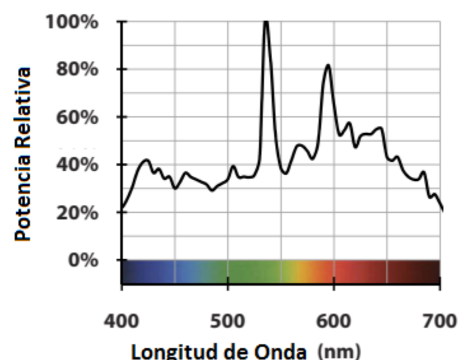


FIGURA 7.38 | SPD DE HALOGENUROS METÁLICOS

Distribuciones de potencia espectral aproximadas para varios tipos de lámparas de halogenuros metálicos.







Las lámparas que emplean los tubos de arco de cuarzo cilíndricos convencionales son más susceptibles a los problemas de uniformidad y estabilidad del color. Se lograron mejoras con el uso de tubos de arco cerámicos, la formación de tubos de arco en cuerpos ovoides y el inicio por pulsos (consulte 7.4.8.8 Métodos de inicio por sonda y por pulsos). La uniformidad y la estabilidad del color se han caracterizado con coordenadas de cromaticidad y elipses de MacAdam (consulte 6.2.1 Diagramas de cromaticidad), CCT (consulte 6.2.5 Temperatura de color y temperatura de color correlacionada) y con fórmulas de diferencia de color (consulte 6.2.3 Diferencia de color).

7.4.8.5 SEPARACIÓN DE DOSIS (UNIFORMIDAD DE COLOR EN EL HAZ)

La atmósfera compleja en el arco puede conducir a la segregación de los metales. Por ejemplo, en lámparas que contienen haluros de sodio, el arco puede aparecer con una vaina rojiza/naranja que rodea un núcleo central azul/blanco. En las lámparas que funcionan verticalmente, la segregación de dosis puede ocurrir debido a un gradiente de temperatura (el extremo inferior del tubo de arco estará más frío), lo que puede cambiar la atmósfera del metal tanto vertical como horizontalmente. En aplicaciones que se basan en una imagen enfocada de la descarga del arco, se pueden observar bandas de color en el haz. Un problema relacionado es que la porción de la dosis que se condensa en el punto frío de la pared del tubo de arco puede causar una sombra en el haz. Los reflectores parabólicos con facetas y/o textura superficial se emplean comúnmente para integrar el haz, minimizando así las bandas de color y las sombras.

7.4.8.6 RADIACIÓN ÓPTICA UV

Las descargas de haluros metálicos emiten radiación óptica UV. La exposición de las personas puede producir efectos eritematosos graves (enrojecimiento de la piel) o lesiones oculares. Una bombilla exterior de vidrio duro absorberá la mayor parte de la radiación óptica por debajo de 350 nm. El cuarzo, ya sea que se emplee para el tubo de arco o para el bulbo exterior, se puede dopar con ceria-titania, que absorbe la radiación UV por debajo de 375 nm. También se puede aplicar a la superficie de la lámpara una película delgada que bloquea los rayos UV. Hay disponibles lámparas autoextinguibles que contienen un filamento de tungsteno en lugar de una parte del conductor de entrada que se oxidará rápidamente cuando se rompa la bombilla exterior, rompiendo así el circuito y extinguiendo el arco. La radiación óptica UV se puede emplear a propósito en procesos industriales fotoquímicos, como el curado de algunas tintas, revestimientos de madera y metal y adhesivos. Las lámparas de halogenuros metálicos para aplicaciones fotoquímicas suelen tener un diseño de tubo de arco desnudo que es transparente a los rayos UV.

7.4.8.7 BALASTOS DE HALOGENUROS METÁLICOS

La forma más simple de un balasto es un reactor de retardo, que también puede denominarse reactor inductivo, reactor, inductor, balasto de circuito de retardo o estrangulador. Consiste en una bobina de alambre de cobre enrollada sobre un núcleo de hierro colocado en serie con la lámpara. La única función del balasto de un reactor es limitar la corriente entregada a la lámpara. Sólo se puede usar solo cuando el voltaje de la línea es suficiente para encender la lámpara, de lo contrario, un partidor también debe ser parte del circuito. Los arrancadores o partidores proporcionan un pulso de baja corriente y de alto voltaje de entre 1 y 5 kV. Entre los arrancadores que se utilizan hoy en día se encuentran: arrancadores de impulso o paralelos, que utilizan un devanado del balasto como transformador de impulsos del arrancador; arrancadores superpuestos o en serie, que contienen un transformador de impulsos independiente de los devanados de balasto; Encendedores de dos cables, que proporcionan un voltaje de pulso más bajo directamente a través de los cables de la lámpara. El factor de potencia de un circuito de reactor de retardo es de aproximadamente 0,50 , lo que requeriría que el cableado de suministro se dimensione para aproximadamente el doble de la corriente de funcionamiento normal. Los capacitores de corrección del factor de potencia generalmente se conectan a través del suministro, lo que también tiene la ventaja de reducir la corriente de arranque de la lámpara. El circuito del reactor proporciona poca regulación para las fluctuaciones en el voltaje de línea. Por ejemplo, un cambio del 5 % en el voltaje de la línea puede provocar un cambio del 12 % en la potencia de la lámpara. El funcionamiento a largo plazo de las lámparas en condiciones de línea alta acorta

la vida útil de la lámpara. No se recomiendan balastos de reactor donde las fluctuaciones de la línea superan el 5%. Sin embargo, cuando la regulación del voltaje de línea es buena, el uso de un balasto de reactor de retardo puede ahorrar energía en comparación con un autotransformador de potencia constante (CWA) con pico de derivación múltiple, que se analiza a continuación.
El CWA es un balasto de circuito principal que consta de un autotransformador de alta reactancia con un condensador en serie con la lámpara. Un autotransformador es un transformador conectado de manera que parte de su devanado es común tanto al circuito primario como al secundario. El condensador permite que la lámpara funcione con una mejor estabilidad de potencia cuando fluctúa el voltaje en el circuito derivado. El CWA es apropiado cuando se espera que el voltaje de la línea varíe en más del 5%. Un cambio del 10 % en el voltaje de la línea, por ejemplo, daría como resultado un cambio de solo el 5 % en la potencia de la lámpara. Otras ventajas del balasto CWA son el factor de potencia alto, el voltaje de extinción de línea bajo y las corrientes de arranque de línea que son más bajas que las corrientes de línea normales.

Los balastros electrónicos para lámparas de halogenuros metálicos pueden emplear corriente de frecuencia baja (100 a 400 Hz) o alta (150 a 200 kHz) para alimentar las lámparas. Incluyen un encendedor y un circuito limitador de corriente en un solo paquete. La operación de alta frecuencia no aumenta la eficacia luminosa de los halogenuros metálicos como lo hace con las lámparas fluorescentes. Sin embargo, los balastros electrónicos consumen menos energía que los balastros magnéticos, mejorando así la eficacia del sistema. El funcionamiento electrónico es silencioso, sin parpadeos, los balastros son más pequeños y ligeros y ofrecen una mejor regulación de la potencia que sus homólogos magnéticos. La mayoría de los fabricantes de lámparas de halogenuros metálicos cerámicos y de cuarzo afirman que se ha mejorado el mantenimiento de la luz en los balastos electrónicos. Con la misma potencia, la eficacia del sistema tiende a ser mejor con balastos electrónicos, seguido del reactor de retardo y luego CWA.

7.4.8.8 MÉTODOS DE PARTIDA DE SONDA Y PULSO

Hay tres electrodos presentes en el tubo de arco de una lámpara de haluro de metal de cuarzo tradicional, un electrodo de sonda de inicio y dos electrodos operativos. El flujo de corriente entre la sonda pequeña y el electrodo principal está limitado por una resistencia en serie con el interruptor. En la figura 7.37b-d se muestran ejemplos. Primero se produce una descarga a través del pequeño espacio entre el electrodo de sonda y uno de los electrodos operativos, lo que inicia la ionización de los gases iniciales y facilita la formación del arco entre los dos electrodos operativos. Una vez que la corriente fluye entre los electrodos principales, un interruptor bimetálico retira el electrodo de sonda de arranque del circuito. Las lámparas de halogenuros metálicos de arranque por impulsos no tienen un electrodo de sonda de arranque. En la figura 7.37a se muestra un ejemplo. Tienen un encendedor de alto voltaje como componente del balasto para encender la lámpara usando una serie de pulsos de alto voltaje, típicamente en el rango de 3 a 5 kV. Sin el electrodo de sonda, las áreas de sellado en los extremos del tubo de arco pueden reducirse, lo que permite una mejor forma del tubo de arco y una mejor gestión de la temperatura del punto frío. En comparación con el inicio por sonda, el inicio por pulsos: reduce el calentamiento y tiempos de reencendido; proporciona una mayor vida útil de la lámpara; mejora el mantenimiento de la luz al reducir la pulverización catódica de los electrodos; y proporciona una mejor capacidad de arranque en frío. Algunas lámparas de halogenuros metálicos cerámicos requieren arranque por impulsos; otros están disponibles para reacondicionamiento en balastos de inicio de sonda.

7.4.8.9 TIPOS

Las lámparas de halogenuros metálicos generan sus lúmenes a partir de tubos de arco relativamente pequeños que se han instalado en: bombillas de vidrio exterior recubiertas de fósforo y transparentes de un solo extremo de varias formas y tamaños; bombillas exteriores de un solo extremo que tienen reflectores integrales para crear una distribución de intensidad luminosa; y bulbos exteriores de forma lineal de dos extremos. Las lámparas de halogenuros metálicos diseñadas para emitir radiación óptica UV generalmente no tienen una bombilla exterior. Algunas formas comunes se ilustran en la figura 7.39. El tubo de arco de una lámpara de haluro metálico se aproxima a una fuente puntual que permite

el diseño de reflectores ópticamente eficientes, que pueden ser la envolvente exterior (como con las formas PAR y MR) o una luminaria (como con las formas BT, E y T). El rango de potencia típico es de 20 W en la forma de bombilla MR16 a 2000 W en la T9 de dos extremos que está diseñada para luminarias de iluminación deportiva. Se han producido lámparas de halogenuros metálicos de hasta 9000 W para aplicaciones especiales.

Los fabricantes se han mostrado activos en el desarrollo de tecnologías de halogenuros metálicos con tubos de arco de cerámica, ya que estos productos son superiores a los que emplean cuarzo (consulte 7.4.8.2 Construcción de tubos de arco). Estas fuentes emplean arranque por pulsos, tienden a tener buena consistencia y estabilidad de color, buen mantenimiento de la luz, rendimiento de color de bueno a excelente y están disponibles en varias temperaturas de color entre 2700 y 5600 K, la más común es aproximadamente 3000 y 4000 K. En el momento de escribir este artículo, las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos están disponibles de 20 a 400 W y en formas envolventes que incluyen MR16, PAR20, PAR30, PAR38, ED17, ED18, ED28, ED37, T4.5, T6, T7 y T9. Para nuevas especificaciones, si las lámparas de cerámica y de cuarzo están disponibles en la forma y la potencia deseados, normalmente se debe emplear la lámpara con el tubo de arco cerámico. No todas las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos son adecuadas para su uso en balastos existentes destinados a operar lámparas con tubos de arco de cuarzo. La principal incompatibilidad es con balastos electrónicos de alta frecuencia. La idoneidad para la actualización debe verificarse antes de la especificación.

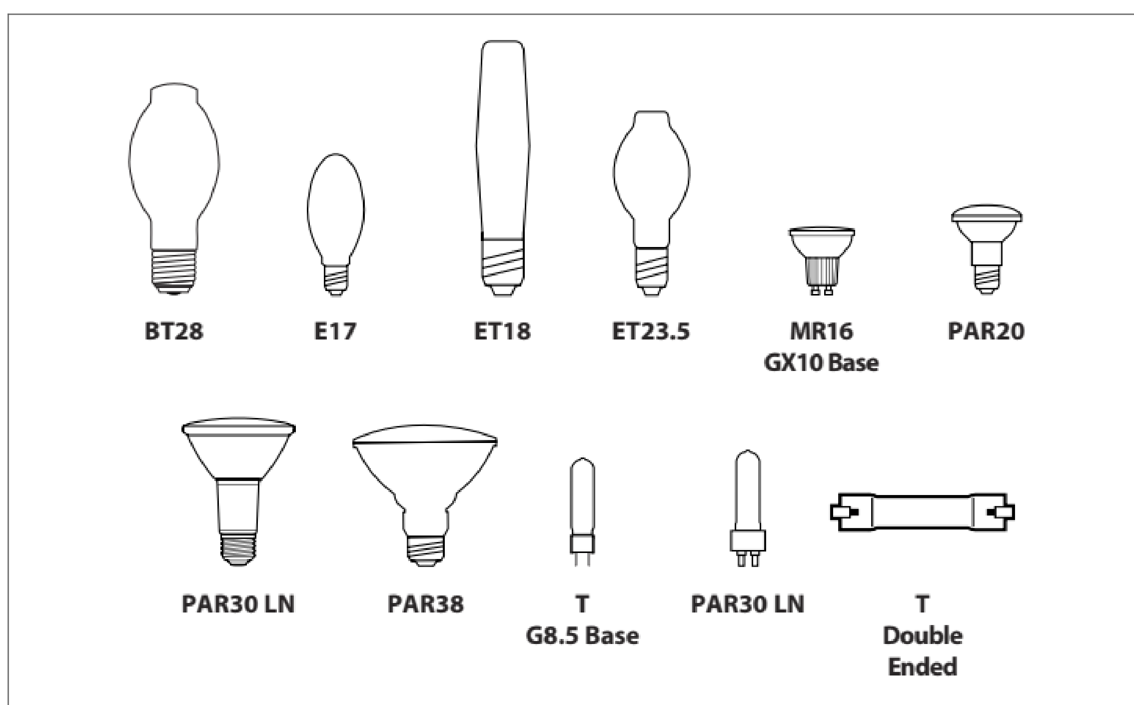
7.4.8.10 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

LA EFICACIA LUMINOSA

Las lámparas de halogenuros metálicos nuevas tienen una eficacia luminosa de 80 a 120 lúmenes por vatio. A medida que la lámpara envejece, el voltaje aumenta y la salida de lúmenes disminuye, los cuales se combinan para reducir la eficacia luminosa. La figura 7.40 proporciona un gráfico de eficacia luminosa a lo largo del tiempo para lámparas típicas de cuarzo y cerámica con los métodos de encendido más comunes.

FIGURA 7.39 | FORMAS COMUNES PARA LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

Una muestra de la gama de formas disponibles. No a escala. » Imágenes cortesía de Osram Sylvania



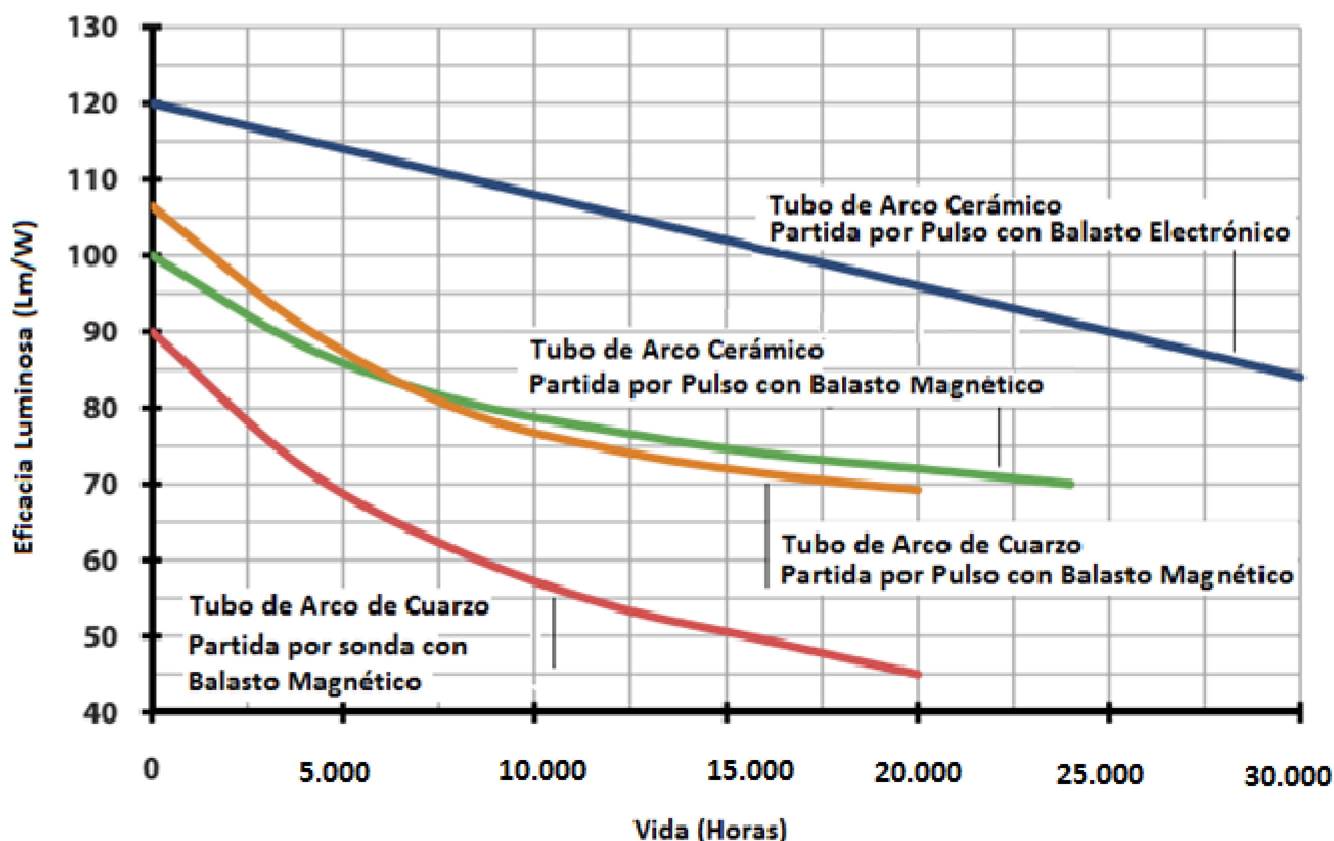
VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA Y MANTENIMIENTO DEL FLUJO LUMINOSO

La vida útil de la lámpara de halogenuros metálicos y el mantenimiento del flujo luminoso están relacionados con factores de diseño de la lámpara y factores externos. Los factores de diseño de la lámpara incluyen: control del ennegrecimiento de la pared debido a la evaporación y pulverización catódica de los electrodos; control de la pérdida de sodio; y depreciación de los fósforos para lámparas recubiertas. El oscurecimiento de la pared resulta del depósito de tungsteno en la pared del tubo de arco que provoca una reducción en la transparencia de la luz. Los electrodos están diseñados para minimizar la pérdida de tungsteno mediante la elección adecuada de su tamaño y controlando su temperatura máxima mediante el uso de emisores impregnados como el torio, o mediante el uso de emisores de fase gaseosa como el cerio, el cesio, el disprosio y otros materiales de tierras raras. Estas tierras raras también forman parte de la mezcla de sales de yoduro, especialmente en las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos, y contribuyen significativamente a los altos CRT de esos tipos. El tungsteno también se deposita en las paredes a través de procesos de transporte químico como consecuencia de la química de los haluros metálicos de las lámparas. El control de la pérdida de sodio en las lámparas de halogenuros metálicos de cuarzo es fundamental para el mantenimiento del flujo luminoso y la vida útil de las lámparas, ya que el sodio es uno de los principales componentes radiativos en las lámparas de halogenuros metálicos de cuarzo y sodio-escandio. Las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos no sufren la pérdida de sodio en la medida de las lámparas de halogenuros metálicos de cuarzo y, como resultado, tienen mucho mejor rendimiento de mantenimiento de la luz y estabilidad del color que las lámparas de halogenuros metálicos de cuarzo.

Los factores externos incluyen: tipo de balastro e ignitor; el valor y la estabilidad de la tensión de alimentación; la orientación del tubo de arco; y el ciclo de encendido/apagado. El tipo de balasto puede influir en la estabilidad del voltaje a través del tubo de arco, y el tipo de encendedor influirá en la pulverización catódica del material del electrodo. Las variaciones de voltaje de más del 10% aproximadamente darán como resultado cambios de color y los altos voltajes acortarán la vida útil de la lámpara. La orientación afecta la temperatura del punto frío que, además de afectar el color de la radiación óptica, también puede tener un efecto perjudicial en la vida útil de la lámpara al cambiar la presión de vapor de la descarga. El cambio más frecuente reducirá las horas de funcionamiento de la lámpara, pero es posible que no reduzca el tiempo entre cambios de lámpara. Existe una gama bastante amplia de mantenimiento de lúmenes para diferentes tipos de lámparas de halogenuros metálicos. La Figura 7.41 ilustra la pérdida de luz para varios tipos; la variación es indicativa de la necesidad de observar los datos específicos de la lámpara al tomar una decisión de especificación y determinar el factor de depreciación del lumen de la lámpara. Consulte también 7.4.5 Vida útil de la lámpara y mantenimiento de lúmenes.

FIGURA 7.40 | EFICACIA DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS FRENTE AL TIEMPO

La disminución de la eficacia de las lámparas de halogenuros metálicos con el tiempo para configuraciones comunes de lámpara/balasto.



ENCENDIDO Y REENCENDIDO

Una lámpara de halogenuros metálicos no alcanza su máximo rendimiento de luz inmediatamente, sino que debe calentarse durante un período de varios minutos. Durante esta fase, el color de la descarga cambia a medida que los haluros metálicos se calientan, se evaporan y se incorporan al arco. Al calentarse por completo, el color de la lámpara y las características eléctricas se estabilizan. El tiempo para alcanzar la estabilización es más largo para potencias de lámpara más altas. Si el arco se extingue, la lámpara no se volverá a encender hasta que se enfríe lo suficiente como para reducir la presión de vapor hasta el punto en que el arco se vuelva a encender con el voltaje disponible. El tiempo de reencendido en caliente en un tubo de arco de cuerpo pellizcado convencional con un electrodo de inicio de sonda puede ser de 15 minutos o más. Las lámparas que utilizan el encendido por pulsos se vuelven a encender mucho más rápido que las construcciones de tubo de arco de cuerpo pellizcado convencionales. Para las lámparas de halogenuros metálicos más comunes, el encendido tarda entre 3 y 5 minutos y el reencendido entre 4 y 20 minutos. Están disponibles lámparas de halogenuros metálicos de reencendido instantáneo; pueden tener un contacto adicional en la parte superior del bulbo exterior para la aplicación de un voltaje de reencendido muy alto (60 kV).

FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE DE LA LÁMPARA

ANSI define el factor de cresta de corriente de la lámpara (CCF) como la relación entre el valor máximo de la corriente de la lámpara y el valor cuadrático medio de la corriente. ANSI y/o el fabricante de la lámpara especifican una forma de onda

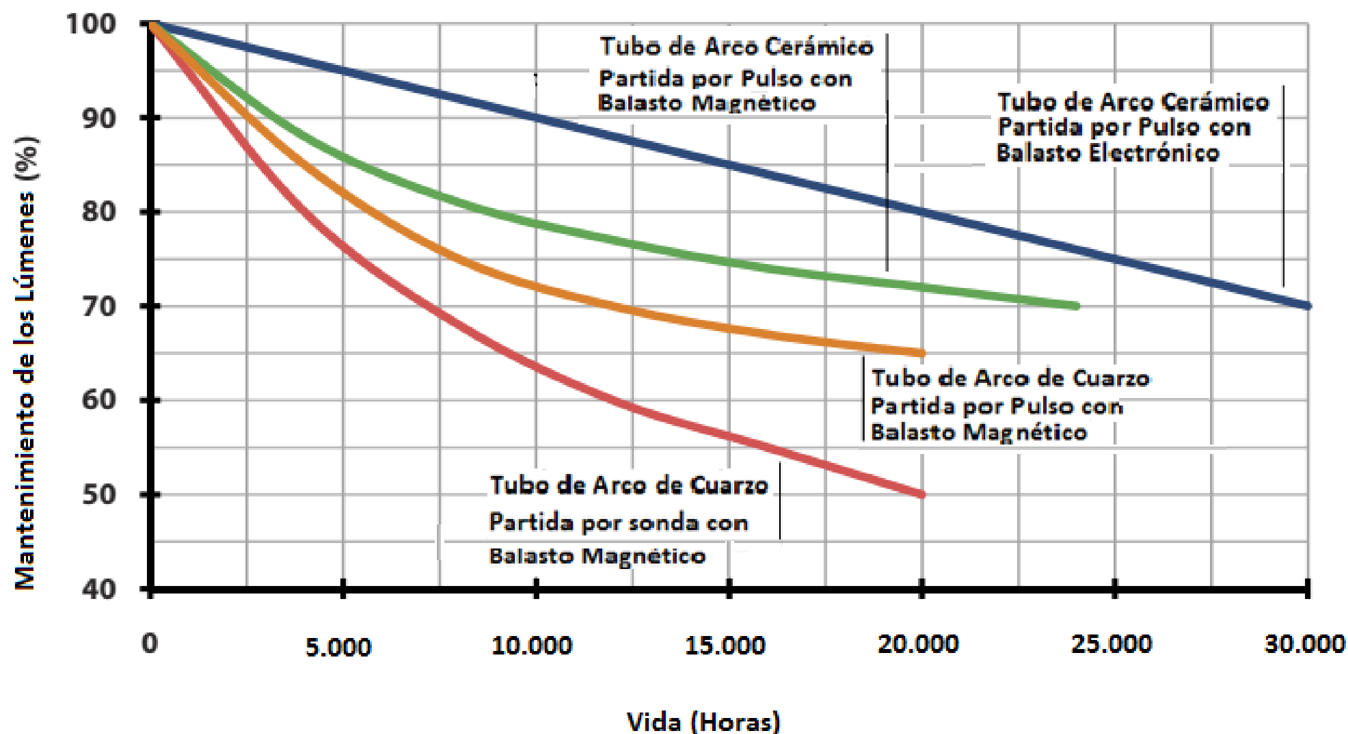
de corriente adecuada para la lámpara; el balasto debe diseñarse en consecuencia. Un CCF bajo en el rango de 1,4 a 1,6 contribuye a lograr el mantenimiento de lúmenes nominales y la vida útil de la lámpara.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

La salida de lúmenes de una lámpara típica de halogenuros metálicos de doble envolvente se ve poco afectada por la temperatura ambiente. El funcionamiento es generalmente satisfactorio para temperaturas ambiente de hasta -29 °C (-20 °F) o inferiores. Las lámparas de una sola envolvente, que están destinadas principalmente para su uso como fuentes de luz ultravioleta, se ven afectadas por las bajas temperaturas, especialmente si el aire está en movimiento. No se consideran adecuados si la temperatura ambiente es inferior a 0 °C (32 °F). La temperatura ambiente afecta el voltaje de encendido de todas las lámparas de descarga. Los balastos para aplicaciones de baja temperatura están diseñados para proporcionar el voltaje necesario para encender y operar las lámparas a bajas temperaturas. ANSI [31] ha desarrollado recomendaciones para los voltajes de arranque. Las temperaturas excesivas de la envolvente y la base pueden causar fallas o un desempeño insatisfactorio debido a: ablandamiento del vidrio; daño al tubo de arco por la humedad expulsada de la envoltura exterior; ablandamiento del cemento base o soldadura; o corrosión de la base, el enchufe o los cables de entrada. Las luminarias deben diseñarse de modo que la radiación óptica no se concentre en la envolvente exterior. La radiación óptica tampoco debe concentrarse en el tubo de arco, ya que esto puede cambiar la presión de vapor y tener un efecto nocivo en el color de la iluminación, las características eléctricas y la vida útil de la lámpara.

FIGURA 7.41 | MANTENIMIENTO DE LÚMENES PARA VARIAS LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

Se ilustra la variación en el mantenimiento de lúmenes para diferentes lámparas de halogenuros metálicos.



Orientación

Las lámparas de halogenuros metálicos pueden clasificarse para: orientación universal, sólo horizontal, sólo vertical o para un rango de rotación limitado. La orientación afectará la temperatura del punto frío del tubo de arco, lo que afectará la producción de lúmenes y el color. Esto es menos problemático para las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos. La Figura 7.42 [32] proporciona información sobre la inclinación de varias lámparas de halogenuros metálicos de 1500 W que se emplean comúnmente para la iluminación de campos deportivos. Es ilustrativo del rango de variabilidad en la producción de lúmenes que es posible cuando las lámparas de halogenuros metálicos están inclinadas. Se debe consultar la literatura del fabricante para determinar si será necesario emplear o no un factor de inclinación de la lámpara como parte del proceso de diseño.

PARPADEO

El parpadeo de las lámparas de halogenuros metálicos depende parcialmente de la posición de funcionamiento y es más probable que sea problemático en las lámparas de funcionamiento vertical. Consulte 7.4.6 Parpadeo y efecto estroboscópico.

FALLA ACTIVA

Las lámparas de halogenuros metálicos funcionan a presiones significativamente mayores que la presión atmosférica (1 atm). Existe el peligro de que las lámparas debilitadas por efectos químicos a largo plazo, un defecto de fabricación o daños externos puedan causar una falla activa. Dado que es común una presión de operación de 10 a 15 atm, tales fallas pueden ser violentas y exigen que se tomen las precauciones adecuadas. Algunas lámparas de halogenuros metálicos están diseñadas con una cubierta interna que rodea el tubo de arco. Otras lámparas son sólo para uso en luminarias diseñadas para contener fragmentos de lámpara en caso de falla.

ELIMINACIÓN Y RECICLAJE

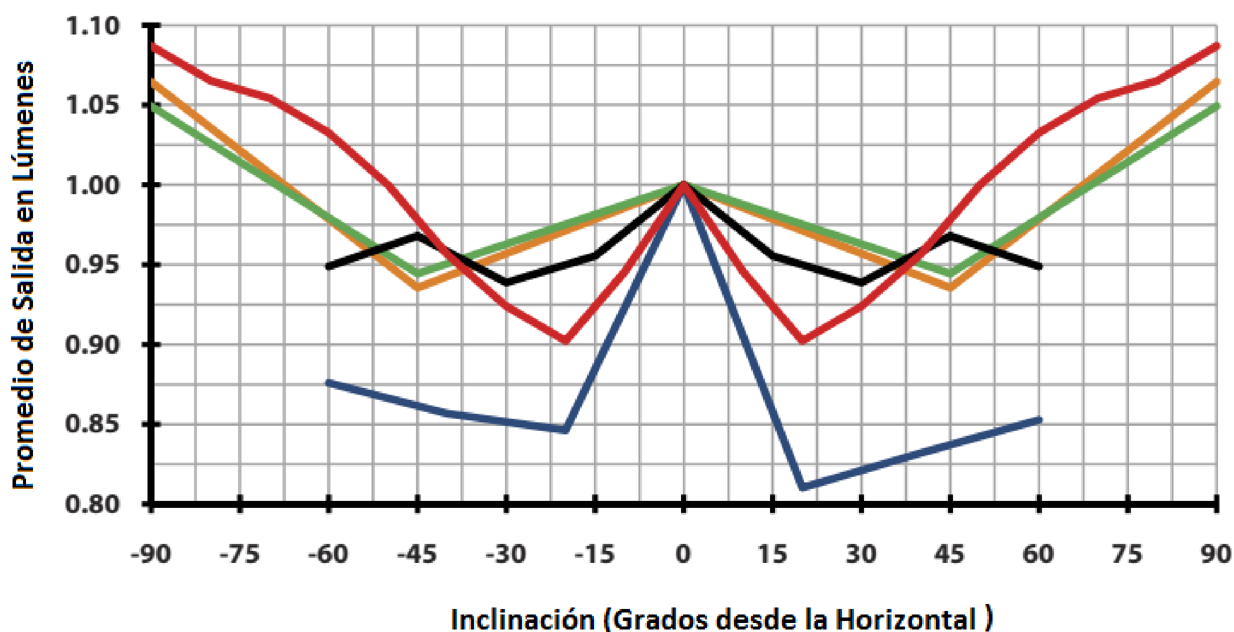
El tubo de arco de las lámparas de halogenuros metálicos contiene mercurio; algunas lámparas de halogenuros metálicos utilizan plomo en la soldadura. Las lámparas de halogenuros metálicos están reguladas en los EE. UU. bajo la Regla Universal de Residuos. IES recomienda reciclar las lámparas de halogenuros metálicos usados. Véase también 13.11.1 Toxicidad de los componentes, la regla universal de desechos y reciclaje.

7.4.9 LÁMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Las lámparas de sodio de alta presión se emplean para aplicaciones tales como carreteras, áreas industriales, al aire libre e iluminación con reflectores. Generan sus lúmenes a partir de un tubo de arco relativamente pequeño, lo que les permite acoplarse eficientemente con sistemas ópticos. Están disponibles en una amplia variedad de salidas de lúmenes, varios CCT diferentes (todos ellos cálidos) y tienen características deseables que incluyen una eficacia luminosa de buena a excelente y una vida útil y mantenimiento de lúmenes de buena a excelente.

FIGURA 7.42 | SALIDA DE LÚMENES FRENTE A INCLINACIÓN PARA LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS DE 1500 W

Se ilustra el rango de variación entre cinco tipos diferentes de lámparas de halogenuros metálicos de 1500 W. Todos los datos se basan en los lúmenes iniciales de la lámpara a las 100 horas de funcionamiento. [30]



7.4.9.1 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

La radiación óptica se produce cuando la corriente eléctrica pasa a través de una amalgama de sodio y mercurio, que se vaporiza parcialmente cuando la lámpara alcanza su temperatura máxima de funcionamiento. La lámpara se enciende mediante un pulso de alto voltaje, normalmente en el rango de 1,5 a 4 kV, según el tipo de lámpara y la potencia. La radiación óptica es inicialmente de color blanco, procedente de la descarga de xenón, que se utiliza como gas de partida. A medida que el sodio se evapora y entra en el arco, la descarga se vuelve amarilla y aumenta la salida de luz. El mercurio en el arco estabilizado actúa como gas amortiguador, reduciendo las pérdidas térmicas de la descarga y elevando el voltaje de operación a un nivel adecuado. La contribución del mercurio a la radiación óptica es muy baja porque el potencial de excitación del mercurio es mucho mayor que el del sodio.

7.4.9.2 CONSTRUCCIÓN

Las lámparas de sodio de alta presión se construyen con dos envolturas, la envoltura exterior es de vidrio duro (típicamente borosilicato) y el tubo de arco interno es de alúmina policristalina sinterizada (PCA). Las características deseables de PCA incluyen: un alto punto de fusión; resistencia al ataque del sodio a altas temperaturas; y transmisión de luz de más del 90%. PCA es una cerámica. No se puede fusionar con metal por medio de fusión, ya que la cerámica no se puede trabajar como el vidrio o el cuarzo. El sello en cualquiera de los extremos del tubo de arco se compone de un tapón cerámico, soldadura, vidrio y/o metal. El tubo de arco se mantiene en su lugar mediante cables de soporte y las conexiones eléctricas internas son flexibles. Esto es para permitir la expansión cuando el tubo de arco está caliente.

El tubo de arco contiene xenón como gas de partida y una pequeña cantidad de amalgama de sodio y mercurio. Algunos diseños nuevos de lámparas no contienen mercurio. La envoltura de vidrio exterior está al vacío y sirve para evitar el

ataque químico de las partes metálicas del tubo de arco. La envoltura exterior también ayuda a mantener la temperatura del tubo de arco al aislarlo de los efectos de la temperatura ambiente y las corrientes de aire. Los electrodos son similares a los que se utilizan para las lámparas de halogenuros metálicos de arranque por impulsos y consisten en una varilla de tungsteno con tungsteno enrollado alrededor de la varilla y revestido con un material emisor. El metal que se alimenta a través de los extremos del tubo de arco suele ser niobio porque no reacciona con el sodio y tiene un coeficiente de expansión similar al PCA. En algunas construcciones, se incorporará un arrancador y/o una ayuda de arranque en el bulbo exterior. El arrancador puede ser: un interruptor bimetálico conectado en paralelo con el tubo de arco, que al abrirse crea un pico de alto voltaje a través de los electrodos; o un dispositivo electrónico en la base de la lámpara que genera pulsos de arranque. Una vez que el arco se estabilice, la corriente a través del arrancador será desviada, generalmente con un interruptor bimetálico que es calentado por la descarga. La ayuda de arranque puede ser un cable de encendido que corre a lo largo del tubo de arco o una bobina de encendido enrollada alrededor del tubo de arco. Algunas lámparas emplean tanto un arrancador como un auxiliar de arranque.

Las lámparas están disponibles con revestimientos difusos en el interior de la bombilla exterior, para aumentar el tamaño luminoso de la fuente o reducir la luminancia de la fuente. Dado que las lámparas de sodio de alta presión casi no producen UV, no tiene sentido usar un fósforo, por lo que se emplea una capa no reactiva de polvo blanco difuso, como el pirofosfato de calcio. Las conexiones eléctricas se realizan principalmente con bases roscadas medianas (E26) o mogul (E39). Las lámparas que se encienden con un partidor externo generalmente emplean un aislador de cerámica en la base para reducir el riesgo de cortocircuito. Las lámparas con un arrancador interno suelen tener un aislante de vidrio. Un pequeño número de lámparas de sodio de alta presión tienen bases de dos clavijas para garantizar el posicionamiento exacto dentro de un reflector de luminaria, y hay algunas lámparas de sodio de alta presión de dos extremos.

7.4.9.3 ESPECTRO

La descarga de sodio depende de la presión. A la presión de vapor baja aproximadamente de (7 x 10^{-6} atm) de una descarga de sodio a baja presión, la radiación óptica es casi monocromática, consistente en una línea doble a 589,0 y 589,6 nm, conocida como líneas D. Al aumentar la presión de vapor creciente amplía el espectro de tal manera que las lámparas de sodio de alta presión irradian a través del espectro visible. Las lámparas de sodio de alta presión estándar, con presiones de sodio en el rango de 0,05 a 0,1 atm, suelen exhibir CCT de 1900 a 2200 K con un CRI de aproximadamente 22. A presiones de sodio más altas, por encima de aproximadamente 0,26 atm, la radiación de sodio de las líneas D es absorbida por el gas y se irradia como un espectro continuo a ambos lados de las líneas D. Esto da como resultado una brecha de radiación óptica en la región de aproximadamente 589 nm. El aumento de la presión de sodio aumenta el CRI a un CCT algo mayor, pero a expensas de la vida y la eficacia luminosa. Se han desarrollado lámparas blancas de sodio de alta presión con CCT de alrededor de 2700 K y un CRI superior a 80, pero estas lámparas han sido reemplazadas en gran medida por lámparas de halogenuros metálicos cerámicos para nuevas especificaciones. Los SPD se dan para varios tipos de lámparas de sodio de alta presión en la figura 7.43.

7.4.9.4 RADIACIÓN ÓPTICA UV

Las lámparas de sodio de alta presión producen muy poca radiación óptica UV. En una lámpara típica de 400 W, por ejemplo, aproximadamente 2 W de UV se irradiarán desde el tubo de arco y aproximadamente 1 W se irradiará desde la pared exterior de la bombilla.

7.4.9.5 BALASTOS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

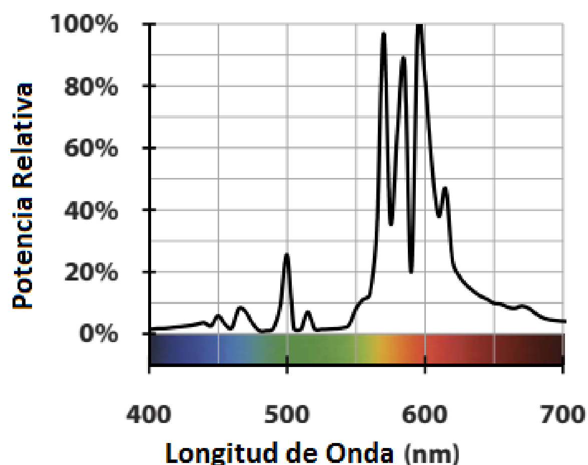
A diferencia de las lámparas de halogenuros metálicos, que exhiben un voltaje de lámpara relativamente constante con cambios en la potencia de la lámpara, el voltaje de la lámpara de sodio de alta presión varía con la potencia de la lámpara. Los parámetros de operación para la potencia y el voltaje máximos y mínimos permitidos de las lámparas se han

establecido como estándares ANSI [33]. La figura 7.44 muestra los límites de voltaje y potencia de la lámpara para una lámpara de sodio de alta presión de 400 W, que forma un trapezoide que define los límites eléctricos de operación.

Las lámparas de sodio de alta presión pueden funcionar con un balasto de retardo, que es un reactor simple en serie con la lámpara, diseñado para mantener las características de funcionamiento dentro del trapezoide. Se incorpora un circuito de arranque para proporcionar el pulso de arranque. Se proporcionan transformadores elevadores o reductores donde sea necesario para igualar el voltaje de la línea. En la mayoría de los casos, se coloca un capacitor de corrección del factor de potencia a lo largo de la línea o a través de un devanado de capacitor en el balasto primario. Este tipo de balasto por lo general proporciona una buena regulación de potencia para las variaciones en el voltaje de la lámpara, pero una mala regulación para las variaciones en el voltaje de la línea. También se pueden emplear reguladores magnéticos o balastos de potencia constante. Estos consisten en una sección reguladora de voltaje que alimenta un reactor limitador de corriente y el circuito de arranque por pulsos. Proporciona una buena regulación de potencia para cambios en el voltaje de la línea, como resultado de la sección de regulación de voltaje, y una buena regulación para cambios en el voltaje de la lámpara, que es la principal característica del balasto del reactor.

FIGURA 7.43 | SPD DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Distribuciones de potencia espectral aproximadas para lámparas de sodio de alta presión (HPS). Izquierda: HPS típico. Derecha: color mejorado o "super" HPS. Tenga en cuenta la ampliación del espectro alrededor de las líneas D cerca de 589 nm en la lámpara de color mejorado, que es el resultado del aumento de la presión de vapor.



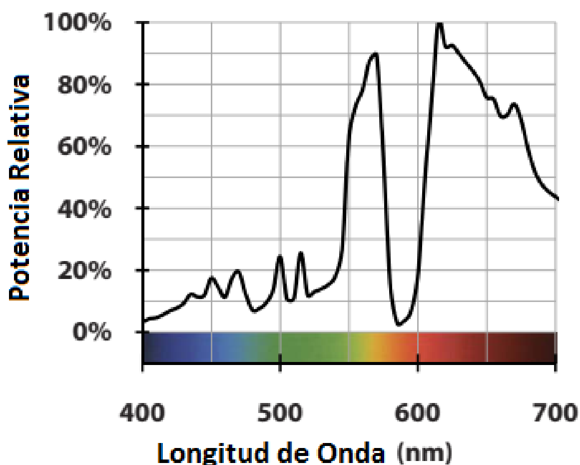
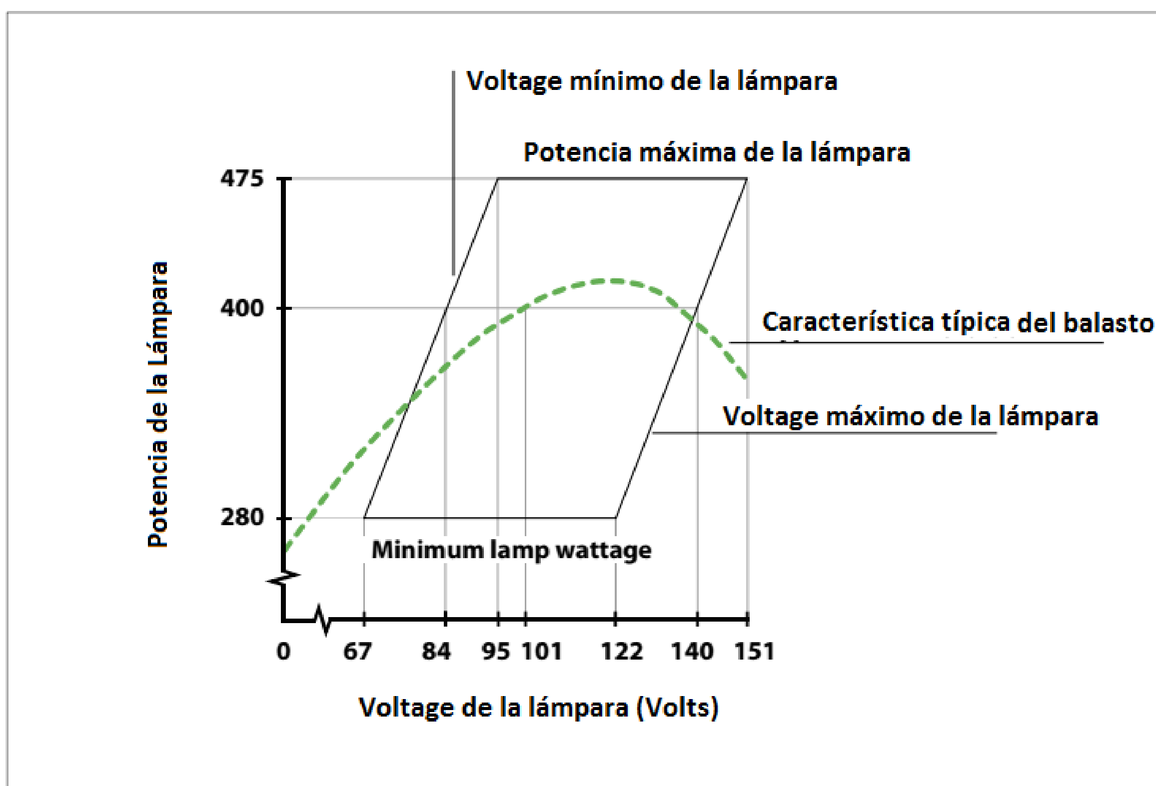


FIGURA 7.44 | TRAPEZOIDE DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Límites de potencia y voltaje para lámparas de sodio de alta presión de 400 W.



También se puede emplear un balasto de circuito principal, que opera con una combinación de inductancia y capacitancia en serie con la lámpara. Disminuye la corriente a medida que aumenta el voltaje de la lámpara para mantener la potencia de funcionamiento de la lámpara dentro de los límites trapezoidales. Este tipo de balasto proporciona regulación de potencia para cambios tanto en el voltaje de línea como en la potencia de la lámpara. Mantiene la potencia de la lámpara dentro del trapezoide si el cambio de voltaje de línea no es mayor al 10%.

7.4.9.6 TIPOS

Las lámparas de sodio de alta presión generan sus lúmenes a partir de tubos de arco cilíndricos relativamente compactos que se han instalado en varias formas de lámpara, las más comunes de las cuales se ilustran en la Figura 7.45. Están disponibles en una variedad de potencias de 35 a 1000 W. Las innovaciones recientes incluyen lámparas sin ciclos, lámparas con mercurio reducido y lámparas que están completamente libres de mercurio y que emplean bases soldadas sin plomo. En la actualidad, estas características sólo están disponibles para las potencias de lámparas de sodio de alta presión más populares. A diferencia de las lámparas de sodio de alta presión convencionales, estas construcciones más nuevas pasan la prueba TCLP y, por lo tanto, no están controladas por la Norma Universal de Residuos. Consulte también 13.11.1 Toxicidad de los componentes, la regla universal de desechos y reciclaje. Funcionan con balastos de sodio de alta presión estándar y son adecuados para aplicaciones de reacondicionamiento. Las características de funcionamiento pueden no ser idénticas a las de las lámparas de sodio de alta presión convencionales. Se deben revisar las hojas de datos de los fabricantes para conocer los detalles técnicos y la idoneidad para una aplicación en particular.

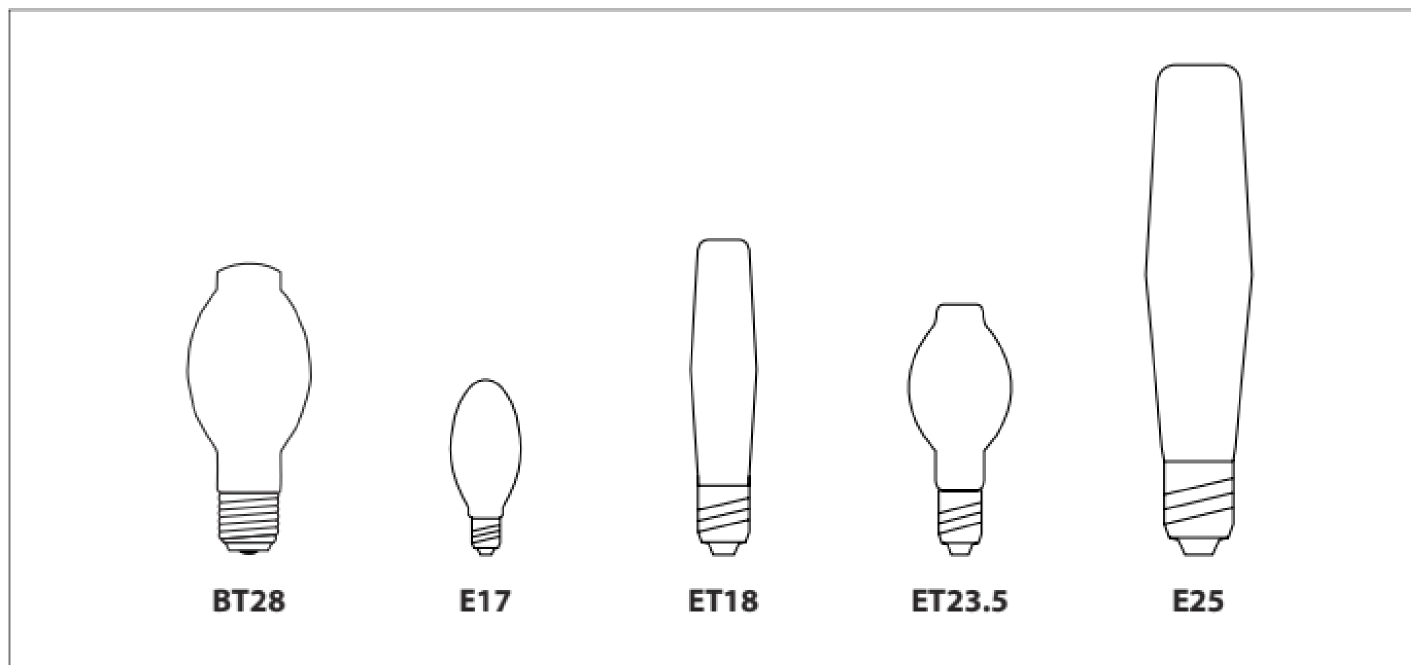
7.4.9.7 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

EFICACIA LUMINOSA

Las lámparas de sodio de alta presión tienen una eficacia de 45 a 150 lúmenes por vatio, según la potencia de la lámpara y las propiedades de reproducción cromática deseadas. La eficacia luminosa es inversamente proporcional tanto a la presión de vapor de sodio como al CRI. Ambos factores se pueden atribuir a la autoabsorción cada vez mayor de las líneas D (consulte 7.4.9.3 Espectro), que redistribuye la radiación de la región cercana al pico de la función de eficiencia luminosa a las regiones de longitud de onda larga y corta donde la función de eficiencia luminosa tiene menor sensibilidad. En igualdad de condiciones, las lámparas de sodio de alta presión de mayor potencia tienen una mayor eficacia luminosa que las de menor potencia porque las pérdidas de los electrodos son aproximadamente constantes.

FIGURA 7.45 | FORMAS COMUNES PARA LÁMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Una muestra de la gama de formas disponibles. » Imágenes cortesía de Osram Sylvania



VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA Y MANTENIMIENTO DEL FLUJO LUMINOSO

La vida útil de la lámpara de sodio de alta presión y el mantenimiento del flujo luminoso están relacionados con factores de diseño de la lámpara y factores externos. Los factores de diseño de la lámpara incluyen: fuga de los sellos del extremo del tubo de arco; pérdida de sodio por la descarga; y pulverización catódica del material emisor del electrodo. La fuga del tubo de arco provocará una falla inmediata de la lámpara. Sin embargo, el modo de falla más común es por pérdida gradual de sodio que conduce a un aumento concomitante en el voltaje de la lámpara. La pérdida de sodio ocurre cuando el sodio se combina con el material emisor disperso y por difusión a través de los extremos del tubo de arco. El ennegrecimiento del tubo de arco debido a la pulverización catódica del electrodo también contribuye al aumento de voltaje, ya que el material pulverizado absorbe radiación, calienta la descarga y hace que se vaporice más amalgama. Eventualmente, el voltaje de la lámpara llegará a ser tan alto que bajo la temperatura normal de operación, el arco ya no volverá a encenderse después del período de apagado de la forma de onda actual. La lámpara se encenderá cuando se enfríe, comenzará a calentarse, se apagará a medida que aumente el voltaje, se enfriará y luego volverá a encenderse. La lámpara ha llegado al final de su vida útil cuando se produce este ciclo. También hay disponibles lámparas de sodio de alta presión sin ciclos.

Cuando fallan, en lugar de producir la luz amarillenta característica, producen una luz azul tenue. Esto se debe a que el sodio se gasta y la descarga está dominada por una débil descarga de mercurio.

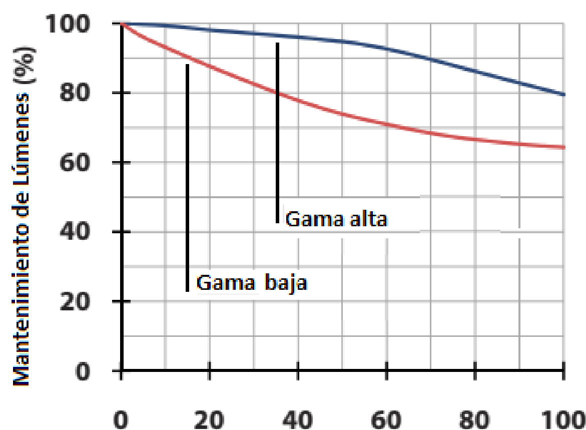
Los factores externos incluyen: tipo de balastro e ignitor; la magnitud y estabilidad de la tensión de alimentación; la temperatura del punto frío del tubo de arco; y el ciclo de encendido/apagado. El tipo de balasto puede influir en la estabilidad del voltaje a través del tubo de arco, y el tipo de encendedor influirá en la pulverización catódica del material emisor del electrodo. Los altos voltajes de suministro pueden aumentar el voltaje del tubo de arco, lo que acortará la vida útil de la lámpara. Los diseños ópticos de las luminarias que reflejan la radiación óptica generada por la lámpara de vuelta al tubo de arco provocan un aumento en el voltaje de la lámpara y una falla prematura de la misma. El cambio más frecuente reducirá las horas de funcionamiento de la lámpara, pero es posible que no reduzca el tiempo entre cambios de lámpara. La pérdida de lúmenes a lo largo de la vida es gradual y se debe principalmente a una reducción en la transmitancia del tubo de arco. Los extremos tienen tendencia a ennegrecerse por la pulverización catódica de los electrodos, y la parte central tiende a volverse gris como resultado de las reacciones químicas entre el sodio y la alúmina en la cerámica. El mantenimiento del lumen se considera de bueno a excelente. La figura 7.46 ilustra una curva típica de pérdida de luz. Consulte también 7.4.5 Vida útil de la lámpara y mantenimiento de lúmenes.

ARRANQUE Y REENCENDIDO

Una lámpara de sodio de alta presión no alcanza su potencia lumínica completa inmediatamente. El tiempo de calentamiento es rápido en comparación con los halogenuros metálicos, ya que se alcanza el 90 % de la salida total de lúmenes en solo unos minutos. Cuando una lámpara se ha apagado, no se puede volver a encender hasta que la presión del vapor de sodio en el tubo de arco se haya enfriado lo suficiente como para ionizarse. Para construcciones de lámparas sin un arrancador integral, y donde el pulso de arranque es suministrado por el balasto, el reencendido generalmente toma alrededor de un minuto. Para lámparas que tienen un encendedor integral, el tiempo de reencendido puede ser de hasta 15 minutos. Esto se debe a que, poco después del encendido, el calor del tubo de arco abre un interruptor bimetálico que desvía el encendedor del circuito de la lámpara. Cuando se apaga la lámpara, el interruptor bimetálico debe enfriarse y cerrarse antes de que el encendedor regrese al circuito. El reencendido instantáneo también se puede lograr con lámparas de sodio de alta presión que contienen dos tubos de arco idénticos, conectados en paralelo y contenidos dentro de la bombilla exterior. Sólo se inicia un tubo de arco con el pulso de encendido. En caso de un corte de energía momentáneo, el otro tubo de arco se encenderá cuando se restablezca la energía.

FIGURA 7.46 | MANTENIMIENTO DE LÚMENES TÍPICO PARA LÁMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Se muestra el rango típico de mantenimiento de lúmenes para lámparas de sodio de alta presión.



CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

La salida de lúmenes de una lámpara de sodio de alta presión se ve poco afectada por la temperatura ambiente debido a la construcción de doble envoltura. El funcionamiento es generalmente satisfactorio para temperaturas ambiente de hasta -29 °C (-20 °F) o inferiores. La temperatura ambiente afecta el voltaje de encendido de todas las lámparas de descarga; Los balastos para aplicaciones de baja temperatura están diseñados para proporcionar el voltaje necesario para encender y operar lámparas a bajas temperaturas. ANSI [31] ha desarrollado recomendaciones para los voltajes de arranque. Las temperaturas excesivas de la envolvente y la base pueden causar fallas o un desempeño insatisfactorio debido a: ablandamiento del vidrio; daño al tubo de arco por la humedad expulsada de la envoltura exterior; ablandamiento del cemento base o soldadura; o corrosión de la base, el enchufe o los cables de entrada. Las luminarias deben diseñarse de modo que la radiación óptica no se concentre en la envolvente exterior. La radiación óptica tampoco debe concentrarse en el tubo de arco, ya que esto puede cambiar la presión de vapor y tener un efecto nocivo en las características eléctricas y la vida útil de la lámpara.

PARPADEO

Las lámparas de sodio de alta presión son menos susceptibles al parpadeo que las lámparas de haluro metálico debido a que la descarga de sodio exhibe un brillo posterior que es suficiente para salvar los ciclos de apagado asociados con la operación de 60 Hz.

ORIENTACIÓN

diferencia de las lámparas de halogenuros metálicos, las lámparas de sodio de alta presión se pueden operar en cualquier posición sin un efecto significativo en la producción de lúmenes, la vida útil u otras características operativas.

7.5 ILUMINACIÓN DE ESTADO SÓLIDO

Orgánico: Una clase de compuestos químicos que incluye carbono.

Electroluminiscencia: La emisión de luz causada por la interacción de un campo eléctrico con ciertos sólidos.

Inyección de luminiscencia: Un tipo particular de electroluminiscencia que ocurre cuando los portadores de energía excedentes se inyectan en un semiconductor y luego se recombinan para emitir radiación óptica.

La iluminación de estado sólido (SSL) es un término para una familia de fuentes de luz que incluye: diodos emisores de luz (LED) semiconductores; diodos orgánicos emisores de luz (OLED); y diodos emisores de luz de polímero (PLED). El descriptor "estado sólido" es una abreviatura de electroluminiscencia de estado sólido. Lo más importante para la iluminación arquitectónica en el momento de escribir este artículo y en un futuro próximo son los LED, que generan luz basada en luminiscencia de inyección, que es el tipo de electroluminiscencia más eficiente. Por lo tanto, los LED son las fuentes de luz SSL más eficientes y son el tema central de esta sección.

7.5.1 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO Un diodo es un componente electrónico que conduce sustancialmente la corriente eléctrica en una sola dirección. En iluminación, diodo es la abreviatura de diodo semiconductor. Un semiconductor es un material que tiene una conductividad eléctrica mayor que la de un aislante, pero menor que la de un conductor. La resistencia de un semiconductor puede cambiar en presencia de un campo eléctrico.

En los semiconductores empleados para los LED, la corriente es transportada por el flujo de "agujeros de electrones" (generalmente denominados simplemente "agujeros") en la estructura de electrones. En la física del estado sólido, un agujero es un concepto teórico que describe la falta de un electrón en una posición en la que podría existir, como la ausencia de un electrón en una banda de valencia completa. El concepto de hueco se ha introducido en la física del estado sólido por conveniencia: cuando se aplica un campo eléctrico, en lugar de analizar el movimiento de un estado vacío en la banda de valencia como el movimiento de miles de millones de electrones, el estado vacío se trata como una sola partícula imaginaria que se mueve en la dirección opuesta, un agujero. Consulte también 1.4.5.4 Electroluminiscencia: diodos emisores de luz. Todos los diodos emiten radiación debido a la recombinación de huecos y electrones. El tipo de material en la construcción del diodo determina la longitud de onda de emisión. La longitud de onda de emisión de ciertos diodos puede estar en el rango visible o casi visible. Estos son LED, que están optimizados para aprovechar esta propiedad de emisión de fotones. La forma más simple de un LED es un cristal semiconductor que está conectado a dos terminales eléctricos que forman una unión positiva-negativa (p-n). Una unión p-n es un punto de transición para la recombinación entre electrones y huecos, que es la base de la luminiscencia de inyección. Mediante la adición selectiva de impurezas a un semiconductor cristalino, se pueden formar semiconductores con un exceso de electrones libres (tipo n) o un exceso de huecos (tipo p). Se han desarrollado técnicas de fabricación para crear cristales en los que la conductividad cambia de tipo p a tipo n dentro de una estrecha región de transición, formando una unión p-n. Si se aplica un voltaje de polarización directa a través de la unión p-n, los electrones fluyen hacia el lado p y los huecos hacia el lado n. Esto se puede conceptualizar como electrones que se inyectan en huecos, donde el proceso de recombinación produce radiación óptica (recombinación radiativa) y calor (recombinación no radiativa).
El tipo más simple de recombinación tiene lugar en un semiconductor de hueco directo, también conocido como homounión p-n, donde un electrón libre se recombina con un hueco libre y el fotón emitido tiene una energía casi igual a la del hueco de energía. Una brecha de energía, también conocida como brecha de banda, es un rango de energía en un semiconductor entre una banda de valencia y una banda de conducción donde no existen estados de electrones. Los electrones pueden existir en las bandas de conducción o valencia, pero no en la brecha de energía entre ellos, una región conocida como la brecha prohibida. En los semiconductores de brecha indirecta, una introducción controlada de impurezas permite estados de electrones dentro de la brecha prohibida. La recombinación en materiales semiconductores de brecha indirecta tiene lugar a través de estados de brecha prohibidos. Las estructuras compuestas de semiconductores que tienen diferentes brechas de energía debido a la diferente composición química se denominan heteroestructuras y forman heterouniones p-n. Si bien el proceso de generación de fotones es menos eficiente en una heterounión que en una homounión (debido a que la energía de los fotones emitidos es menor que la del espacio de energía total), las heterouniones pueden diseñarse de modo que se absorba menos radiación óptica dentro del semiconductor, lo que es notable, mejorando la inyección y las eficiencias cuánticas internas. Los LED prácticos de alto brillo emplean heteroestructuras dobles, también llamadas pozos cuánticos, que emplean ingeniería avanzada de brechas de energía.

7.5.2 CONSTRUCCIÓN

Los chips LED se fabrican utilizando procesos de producción estándar para dispositivos semiconductores multicapa. Las salas limpias son necesarias ya que se requiere un alto nivel de perfección cristalina, así como un alto nivel de pureza química. El sustrato para el elemento emisor de luz de un chip LED es una oblea de cristal cortada de un lingote en forma de varilla de un material monocristalino, que a su vez se fabrica extrayendo lentamente un cristal semilla (de, por ejemplo, fosfuro de galio o arseniuro de galio) a partir de material fundido puro. Dado que las aleaciones no pueden crecer de esta manera, el área activa del LED se deposita en la oblea pura con técnicas de deposición epitaxial, que se emplean para hacer crecer primero un material de tipo n y además, un material de tipo p. Los contactos eléctricos de los lados tipo n y tipo p se forman mediante fotolitografía y evaporación del metal, después de lo cual la oblea se traza y se divide en dados, que son los pequeños chips LED que son los emisores reales de radiación óptica. Para formar un paquete LED, los dados se montan en una base y se conectan cables conductores. Lo más típicol, os dados están encapsulados en una lente, que generalmente se fabrica con una resina epoxi. La base en paquetes LED de alto flujo (ver 7.5.5 Tipos) es el primer

componente de un disipador térmico, diseñado para acoplarse a un disipador térmico más grande cuando el paquete LED se incorpora a una luminaria LED. Los esquemas de dos paquetes de LED se ilustran en la Figura 7.47. Las capas tipo n y tipo p están hechas de una variedad de materiales semiconductores inorgánicos. Los dos materiales más comunes son el fosfuro de aluminio, indio y galio (AlInGaP) para la región de longitud de onda por encima de aproximadamente 580 nm, y el nitruro de indio y galio (InGaN) para la región de longitud de onda por debajo de aproximadamente 550 nm. Durante la fase de deposición epitaxial, la proporción de los elementos químicos y la introducción selectiva de impurezas gobierna la emisión espectral del producto final. Otros elementos empleados para crear materiales semiconductores de tipo n y p incluyen: fosfuro de arseniuro de galio (GaAsP); fosfuro de galio (GaP); arseniuro de aluminio y galio (AlGaAs); fosfuro de aluminio y galio (AlGap); silicio (Si); y carburo de silicio (SiC).

Epitaxial Crecimiento excesivo orientado de material cristalino sobre la superficie de otro cristal de composición química diferente pero estructura similar.

Paquete de LED Un conjunto de uno o más troqueles de LED que contiene: conexiones de unión de cables; posiblemente un elemento óptico; e interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas. El dispositivo no incluye fuentes de alimentación, no incluye una base estándar ANSI y no está conectado directamente al circuito derivado.

Inorgánicos Compuestos que no sean hidrocarburos o sus derivados.

7.5.3 ESPECTRO

La radiación óptica emitida por una unión p-n se encuentra dentro de una estrecha región espectral alrededor de la banda prohibida del material semiconductor. Los SPD son aproximadamente gaussianos, con un ancho completo típico a la mitad del máximo (FWHM) en el rango de 20-25 nm [34]. Los LED diseñados para emitir en la región de longitud de onda media (verde) del espectro tienden a tener espectros de emisión más amplios que los de las regiones de longitud de onda corta y larga. Los LED pueden tener un FWHM de menos de 5 nm si emplean una construcción de cavidad resonante. La luz blanca se crea mezclando de forma aditiva la radiación óptica de dos o más LED de emisión estrecha, o acoplando un LED de emisión de longitud de onda corta con uno o más fósforos.

7.5.3.1 LUZ COLOREADA DE LOS LED

Con sus SPD estrechos, los LED son emisores altamente eficientes de luz coloreada profundamente saturada. La figura 7.48 ilustra la longitud de onda dominante de algunos LED de colores trazados en el diagrama de cromaticidad CIE de 1931. Los LED emiten colores profundamente saturados sin el uso de filtros sustractivos, ya que se emplean comúnmente para crear una luz rica en colores a partir de otras fuentes de luz. Para aplicaciones donde se desea luz de color, es probable que los LED sean más eficientes que las tecnologías que emplean filtros sustractivos.

7.5.3.2 LUZ BLANCA DE LED

Dos formas comunes de generar luz blanca con LED son: 1) convertir la radiación óptica de longitud de onda corta con un fósforo de conversión descendente para crear un SPD de emisión amplia; y 2) combinar varios LED de banda estrecha mediante una mezcla de colores aditiva. Fósforo de conversión descendente Los LED basados en fósforo funcionan con los mismos principios generales que una lámpara fluorescente: la energía de longitud de onda corta se convierte en longitudes de onda más largas mediante uno o más fósforos. En tales LED, el chip emite radiación óptica de longitud de onda corta (típicamente en el rango de 380 - 470 nm) a través de luminiscencia de inyección, y uno o más fósforos convierten parte de eso en radiación óptica de longitud de onda más larga a través de conversión descendente y desplazamiento de Stokes. La pérdida de energía durante la conversión descendente y la recombinación no radiativa

hacen que este proceso sea inherentemente menos eficiente que la emisión directa en el rango visible. Los LED que emplean un fósforo son bimodales y los que emplean más de un fósforo son multimodales. Los LED basados en fósforo bimodal emplean un solo chip y un sólo recubrimiento de fósforo. Por lo general, la energía de longitud de onda corta en la región espectral azul se convierte en un espectro amplio que alcanza un pico cerca del pico de la función de eficiencia luminosa fotópica. Coloquialmente, el fósforo sería considerado un emisor de radiación óptica “amarilla”. El grosor y la densidad del fósforo se especifican de manera que se filtre una cantidad predeterminada de luz "azul", creando un espectro combinado bimodal [35]. La eficacia luminosa, CCT y CRI, que son cantidades convencionales empleadas para la optimización espectral, se pueden ajustar cambiando las concentraciones de azul/amarillo. Los ejemplos se dan en la Figura 7.49a y b.

FIGURA 7.47 | ESQUEMAS DEL PAQUETE DE LED

Los LED están disponibles en una variedad de paquetes según los requisitos ópticos, de color, de salida de luz y dimensionales de varias aplicaciones. Estas secciones transversales ilustran algunos de los componentes básicos de construcción, pero dispuestos en diferentes paquetes. La silicona se utiliza para hacer las lentes. El silicio se utiliza en la fabricación del LED real. No a escala.

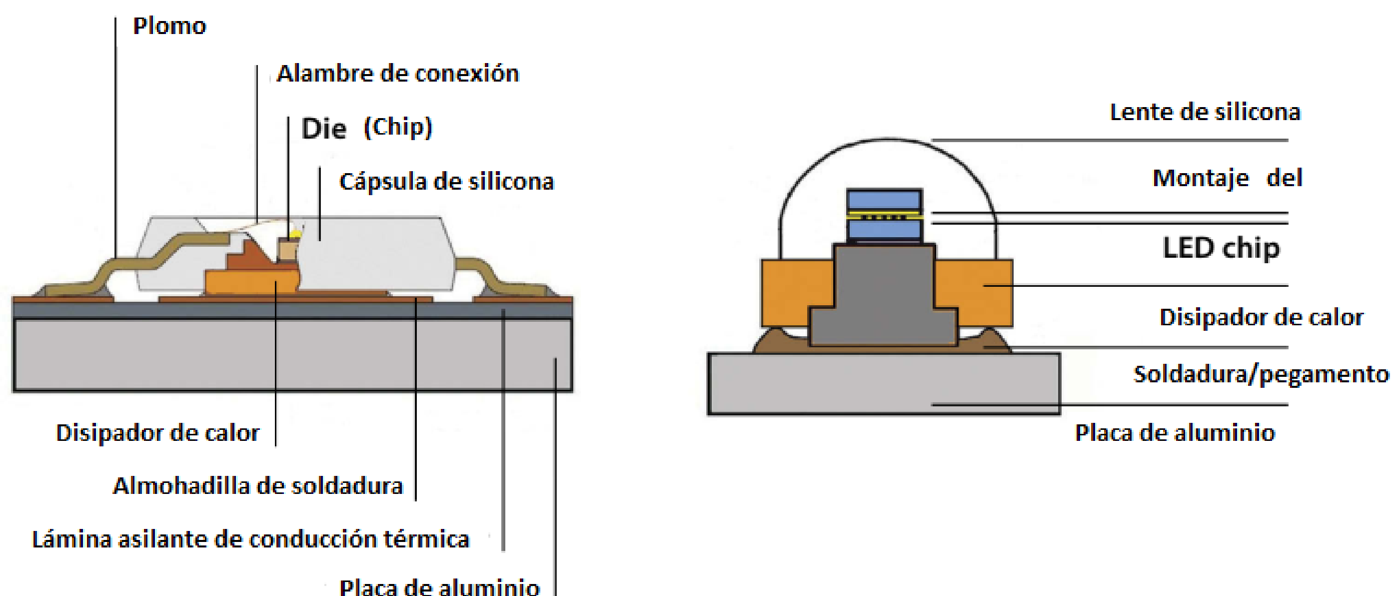
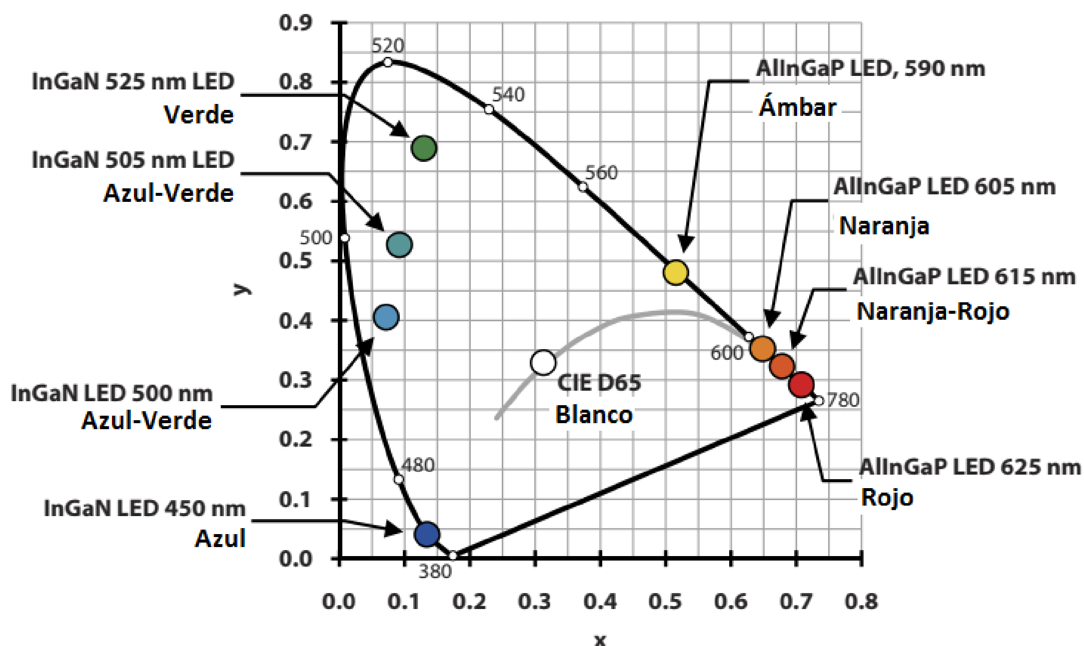


Figura 7.48 | Cromaticidad y longitud de onda dominante para LED

La cromaticidad y la longitud de onda dominante se trazan para algunos LED. Cuanto más cerca esté el LED del lugar geométrico del espectro, más estrecho será el SPD.



Los espectros de fósforo único tienden a ser deficientes en radiación óptica de longitud de onda larga (roja). Para mejorar las características de color, se pueden agregar uno o más fósforos adicionales para emitir radiación óptica de longitud de onda larga. El punto blanco se puede variar ajustando los espesores de los fósforos. La reproducción cromática se mejora a expensas de la eficacia luminosa, ya que la emisión de radiación óptica se aleja del pico de la función de eficacia luminosa. En la figura 7.49c se muestra un ejemplo. También son posibles los LED que utilizan fósforos emisores de longitud de onda larga, media y corta. En tales construcciones, se puede usar un chip emisor de UV y los fósforos se seleccionan para absorber completamente la radiación óptica UV. El fósforo de longitud de onda corta se selecciona para generar radiación óptica a una longitud de onda predeterminada que produce un SPD con un CRI más alto que la emisión azul filtrada directamente. La energía ultravioleta cercana tiene un mayor potencial para degradar los materiales de empaque, lo que genera la posibilidad de grietas en la unión química, especialmente a temperaturas de funcionamiento más altas. Tales grietas pueden permitir que escapen los rayos UV. Este problema de seguridad requiere consideraciones UV adicionales para garantizar la seguridad, que no son una preocupación para los LED que no generan altos niveles de UV, una categoría que incluye casi todas las fuentes de LED mixtas y la mayoría de los LED que emplean uno o más fósforos de conversión descendente.

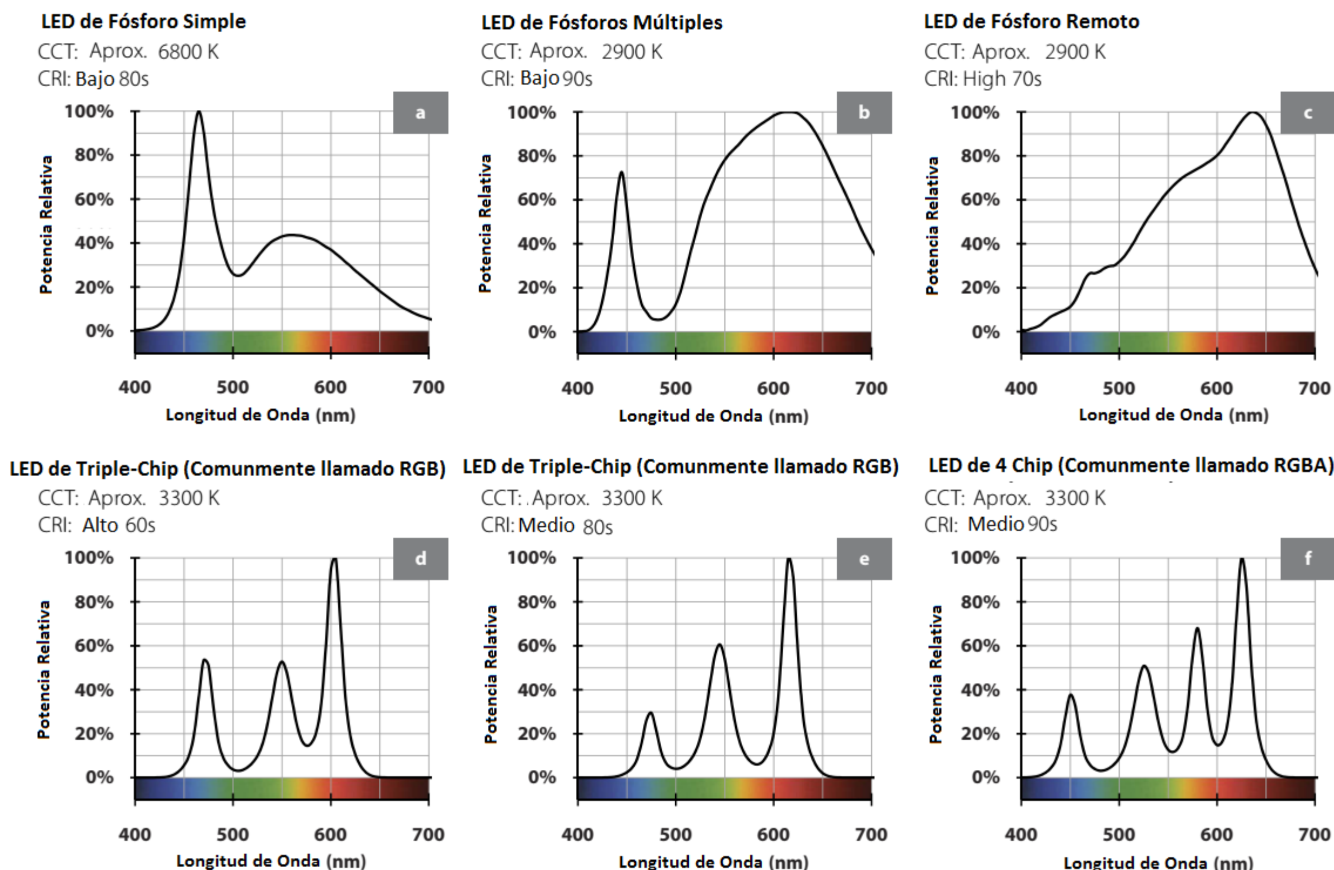


Figura 7.49 | SPD de lámparas LED

Distribuciones de energía espectral aproximadas para varios tipos de lámparas LED.

FUENTES LED MIXTAS

Los conceptos fotométricos y colorimétricos detrás de las fuentes LED mixtas son idénticos a los LED basados en fósforo, pero la realización física influye en el color, la eficacia luminosa y la utilidad general. Ambos métodos emplean una mezcla de color aditiva. Con fuentes LED mixtas, se emplean dos o más chips LED para irradiar dentro de regiones de longitud de onda específicas, correspondientes a colores específicos. En comparación con los LED basados en fósforo, el acoplamiento óptico es más difícil. Aunque los LED basados en fósforo a menudo se agrupan de manera similar a las fuentes de LED mixtas, los LED basados en fósforo no requieren el mismo nivel de mezcla de los componentes de color. Otros obstáculos incluyen la estabilidad del color y la salida de lúmenes en los diferentes canales de color (consulte 7.5.6.9 Uniformidad y estabilidad del color). Los tres beneficios principales de las fuentes LED mixtas son: mayor eficiencia teórica; vida más larga; y la capacidad de cambiar de color. Dado que los LED mixtos no emplean fósforos, no hay pérdidas por conversión descendente. La vida práctica es más larga porque no se emite energía UV dañina y no hay degradación del fósforo. Además, la emisión directa de un chip LED tiene una distribución espectral mucho más estrecha que las emisiones típicas de fósforo, lo que permite que la energía se concentre en la región visible, disminuyendo así las pérdidas de UV e IR. También es posible un punto de color dinámico porque la salida de lúmenes de cada chip LED se puede ajustar por separado. Así como los LED que emplean fósforos usan un espectro bimodal o multimodal, las fuentes LED mixtas utilizan dos, tres o más chips LED para generar luz blanca. La forma más sencilla de generar luz blanca a partir de la emisión directa de LED es utilizar dos chips LED Estas fuentes tienen la eficacia luminosa más alta de todos los LED de luz blanca, pero son inaceptables para la iluminación general si la reproducción del color es incluso moderadamente importante. Debido a las limitaciones de color de la fuente de dos LED, las fuentes de tres y cuatro chips son más comunes y los productos están

disponibles comercialmente con cinco o más chips. Los colores primarios empleados con más frecuencia para una fuente de tres chips son el rojo, el verde y el azul. La selección de diferentes longitudes de onda para los primarios conduce a una amplia gama de rendimiento colorimétrico. Las figuras 7.49d y e ilustran dos ejemplos. Para entornos que requieren una reproducción cromática muy alta, se pueden emplear LED de cuatro chips; un ejemplo se ilustra en la figura 7.49f. Estas construcciones se conocen coloquialmente como RGBA, por rojo, verde, azul, ámbar. Al igual que con el LED de tres chips, la elección de los LED primarios es fundamental para el rendimiento colorimétrico. Se puede obtener una gama de colores aún más amplia debido al aumento de la gama de colores. La inclusión del cuarto chip a menudo reduce la eficacia luminosa, ya que las longitudes de onda máximas de la emisión espectral se alejan del máximo de la función de eficiencia luminosa.

FUENTES CON UNA MEZCLA DE MÚLTIPLES CHIPS DE LED Y FÓSFOROS

También es posible combinar dos o más chips de LED con uno o más fósforos, combinados adecuadamente, para crear luz blanca. En una posible construcción, se emplean chips LED emisores de longitud de onda corta (azul) y longitud de onda larga (rojo), junto con un fósforo emisor de longitud de onda media (verde/amarillo). El fósforo convierte una fracción predeterminada de la radiación óptica de longitud de onda corta en radiación óptica de longitud de onda media. Estas fuentes tienden a ser más eficaces que las fuentes LED de tres chips y están diseñadas para generar luz blanca con un CRI más de 80 y menos de 90.

CARACTERIZACIÓN DE “BLANCO” PARA PRODUCTOS SSL

Los LED que generan luz “blanca” y se comercializan para tener un CCT específico deben cumplir con ANSI C78.377, que establece tolerancias para la especificación de cromaticidad para productos de iluminación SSL [36]. El estándar se basa en las tolerancias de cromaticidad de las lámparas fluorescentes [37] [38], pero se modifica para cumplir con los aspectos prácticos de fabricación de los productos SSL. Mientras que las tolerancias fluorescentes se basan en elipses MacAdam de 4 pasos (consulte 6.2.1 Diagramas de cromaticidad) para lámparas fluorescentes lineales [37] y elipses MacAdam de 7 pasos para lámparas fluorescentes compactas [38], las tolerancias SSL emplean trapecios comparables en área de 7 elipses escalonadas. ANSI C78.377 define las tolerancias de CCT en pasos de 100 K desde 2700 a 6500 K. En aplicaciones donde el objetivo de diseño es hacer coincidir el CCT de los LED con otro tipo de lámpara, se recomienda evaluar muestras en lugar de confiar en las hojas de datos del producto.

7.5.3.3 RADIACIÓN ÓPTICA UV E IR

Los LED que funcionan correctamente para aplicaciones arquitectónicas emitirán cantidades insignificantes de UV (< 400 nm) e IR (> 800 nm). Esto se puede observar en la Figura 7.49, que ilustra la disminución de la potencia espectral en ambos extremos del espectro visible. Algunos tipos de LED basados en fósforo pueden emitir UV en el caso de una falla mecánica en el paquete del dispositivo, como el agrietamiento de la lente, que no coincide con una falla del chip (consulte 7.5.3.2 Luz blanca de los LED).

Los LED pueden estar diseñados a propósito para la emisión de rayos ultravioleta o infrarrojos. La radiación óptica UV se puede crear a partir de uniones p-n en nitruro de aluminio galio indio (AlGalnN), nitruro de aluminio galio (AlGaN), nitruro de aluminio (AIN), nitruro de boro y diamante. Las aplicaciones UV y UV cercanas incluyen la inspección de marcas de agua sensibles a los rayos UV contra la falsificación, la desinfección y la esterilización. El arseniuro de galio (GaAs) y el arseniuro de aluminio y galio (AlGaAs) se pueden emplear para crear una unión p-n que emite radiación óptica IR. Hasta el momento, existen pocas aplicaciones prácticas para los LED emisores de IR, ya que otras fuentes de luz irradian IR de manera más eficiente.

7.5.4 NOMENCLATURA

La mayoría de los productos SSL actuales se parecen tanto a las fuentes de luz como a las luminarias, lo que dificulta la separación de los paquetes LED de las luminarias LED. No existe en los paquetes de LED una nomenclatura estándar para ordenar o caracterizar los paquetes de LED; Se requieren guías de datos de varias páginas para comunicar las características relevantes, que incluyen: tamaño físico; clasificaciones máximas para corriente directa de CC; corriente directa de pico máxima permitida; temperatura máxima de unión LED; límite de tensión inversa; rangos de temperatura de operación y almacenamiento; y voltajes directos mínimo, típico y máximo. Los LED generalmente se clasifican en contenedores con respecto al flujo radiante y la longitud de onda dominante, los cuales deben especificarse con respecto a una corriente directa de CC. La hoja de corte también puede proporcionar gráficos de cambio de longitud de onda frente a corriente directa, salida relativa frente a corriente directa, SPD y un gráfico polar de intensidad luminosa. Los datos operativos dependen de la temperatura; las guías de datos generalmente se basan en una temperatura ambiente de 25°C.

***Bin**. Un rango restringido de características de rendimiento de LED que se utiliza para delimitar un subconjunto de LED cerca de un rendimiento de LED nominal identificado por cromaticidad y rendimiento fotométrico. Nota: Como resultado de pequeñas pero significativas variaciones en el proceso de fabricación de las obleas LED y los troqueles posteriores, las características eléctricas y fotométricas de los LED pueden variar de un LED a otro, incluso cuando los troqueles son de la misma oblea. Los LED se clasifican o agrupan de acuerdo con estas características, pero no existe un estándar para la clasificación. Véase también 7.5.6.9 | Uniformidad y estabilidad del color.*

***Luminaria LED**. Una unidad de iluminación LED completa que consta de una fuente de luz y un controlador junto con partes para distribuir la luz, para colocar y proteger la fuente de luz y para conectar la fuente de luz a un circuito derivado.*

LUMINARIAS LED

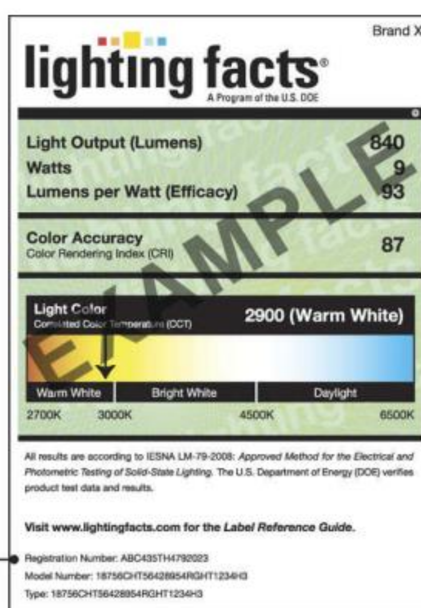
El Departamento de Energía de EE. UU. desarrolló la etiqueta Lighting $Facts^{cm}$ para luminarias LED. La etiqueta tiene por objeto proporcionar a los especificadores y usuarios finales información objetiva y facilitar las comparaciones. Se da un ejemplo en la Figura 7.50. La etiqueta incluye: flujo luminoso; potencia de entrada; eficacia del sistema (reportada como "eficacia"); IRC; CCT; número de modelo, tipo y marca; y un número de registro único. Para participar en el programa, los fabricantes deben comprometerse a cumplir con las condiciones, incluidas las pruebas aleatorias de productos y el cumplimiento de LM-79: Método aprobado para la medición eléctrica y fotométrica de productos de iluminación de estado sólido. Notablemente ausentes del etiquetado de Lighting FactsCM están los datos sobre el mantenimiento y la vida útil de los lúmenes. El DOE, en colaboración con Next Generation Lighting Industry Alliance (NGLIA) [39], ha publicado por separado recomendaciones para probar e informar sobre la vida útil de las luminarias LED. La eficacia indicada en la etiqueta es un valor inicial que se puede reducir a la mitad (cuando se alcanza L_{50}) a medida que envejece el producto. En muchas luminarias LED, el paquete de LED no es reemplazable y toda la luminaria debe desecharse en caso de falla; esto es diferente a las luminarias tradicionales que tienen lámparas reemplazables.

Los datos del paquete LED son particularmente relevantes para los fabricantes de luminarias que están incorporando paquetes en las luminarias LED. Sin embargo, los datos del paquete de LED también pueden ser relevantes para los especificadores de iluminación porque las características del paquete de LED pueden verse influenciadas por la aplicación de diseño. La temperatura ambiente, en particular, no puede ser controlada por el fabricante del paquete LED o de la luminaria LED. Por lo tanto, el uso exitoso de los LED requiere un buen acoplamiento entre el paquete LED, la luminaria LED y la aplicación de diseño.

FIGURA 7.50 | ESQUEMA DE ETIQUETADO LIGHTING FACTSCM

Un ejemplo de la etiqueta Lighting $Facts^{cm}$ del DOE de EE. UU. para luminarias LED. La etiqueta debe incluir lo siguiente:

1. Salida de luz/lúmenes
2. Vatios
3. Lúmenes por vatio/eficacia
4. Prueba IESNA LM-79-2008
5. Número de registro de la luminaria DOE y número de modelo del fabricante
6. Índice de reproducción cromática (CRI)
7. Temperatura de color correlacionada (CCT) » Imagen Departamento de Energía de EE. UU.



Marca
Siempre debe aparecer en la parte superior de la esquina derecha

Fondo Coloreado
Este fondo debe estar presente e incluído como se muestra aquí en el mismo color verde con una marca de agua.

Verificación de la Prueba
Párrafo confirmando que todos los resultados están de acuerdo al IESNA LM-79-2008 y son verificados por el Departamento de Energía de EE.UU.

El Número de Registro, el Número de Modelo y el Tipo
Las tres de estas características deben estar presentes e incluidas en la parte de abajo de la esquina izquierda de la etiqueta como se muestra aquí. en la esquina inferior izquierda de la etiqueta, como se muestra.

7.5.5 TIPOS

Los LED ingresaron a la iluminación aplicada en la década de 1960 como reemplazos de emisión estrecha, larga duración y baja intensidad para las luces indicadoras incandescentes. Se han convertido en fuentes que, en el momento de la publicación, tienen un flujo luminoso moderado, una eficacia luminosa moderada y potencial para un uso extensivo en iluminación general. Las lámparas LED en miniatura están disponibles en muchas formas y tamaños que van desde 2 a 8 mm. Varios se ilustran en la figura 7.51. No tienen disipador de calor ni mecanismo para acoplarse a un disipador de calor, lo que establece un límite superior tanto para el consumo de energía como para la salida de lúmenes. Las corrientes de accionamiento comunes son de 1 a 20 mA. Además del uso individual como luces indicadoras, se han agrupado en matrices para su uso en señales de tráfico, señales de mensaje variable, señales de publicidad comercial y señales de SALIDA. En aplicaciones arquitectónicas, es más común emplear las denominadas lámparas LED de "alto flujo". A diferencia de las lámparas LED en miniatura, las lámparas LED de alto flujo tienen su matriz acoplada a un disipador de calor, que está diseñado para acoplarse a otro disipador de calor cuando se integra en una luminaria LED. "Alto flujo" es un término relativo, ya que la salida de lúmenes es mayor que la de las lámparas LED en miniatura, pero sigue siendo baja en comparación con otras fuentes de luz. En el momento de escribir este artículo, una lámpara LED de alto flujo de un solo chip puede generar de 60 a 100 lúmenes con una corriente de excitación de 350 mA. Dichos LED generalmente se pueden

impulsar hasta 500 mA o, en algunos casos, hasta 700 mA, lo que aumenta la salida de lúmenes, pero con una temperatura de unión más alta y, por lo tanto, una vida útil más corta. No existen convenciones con respecto a las características de las lámparas LED de alto flujo en ninguna categoría, incluidas: físicas (tamaño, forma); óptico (SPD, salida de lúmenes, distribución de intensidad); eléctrica (corriente directa, voltaje, vataje); o mecánica (tipo base, disipador de calor). Las lámparas LED de alto flujo son productos que evolucionan rápidamente en un mercado abierto que aún no ha madurado hasta el punto de la mercantilización. En la figura 7.52 se dan varios ejemplos. Las lámparas LED normalmente no están catalogadas directamente en las especificaciones de iluminación en los programas de luminarias o en las características. Más bien, se incorporan a las luminarias LED como un componente integral y pueden o no ser reemplazables. Corresponde al fabricante de luminarias LED acoplar efectivamente la lámpara LED a la luminaria LED y al especificador de iluminación aplicar el producto de la manera prevista. La gestión térmica es una de las consideraciones más importantes para lograr el rendimiento nominal.

7.5.6 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Las principales características de funcionamiento de los LED incluyen: flujo luminoso; vida útil de la lámpara y mantenimiento de lúmenes; depreciación del lumen de la lámpara; mecanismo de falla; eficacia del enchufe, la lámpara y el sistema; características de atenuación; y reproducción de color. Muchas de estas características son bastante diferentes a las de las fuentes de luz tradicionales, incluso cuando se emplea un lenguaje similar.

7.5.6.1 SALIDA DE LÚMENES

La cantidad de flujo luminoso varía de acuerdo con el color de los LED y depende de la densidad de corriente que puede manejar la matriz de LED. En igualdad de condiciones, el flujo luminoso es mayor cuando hay un mayor porcentaje de radiación óptica cerca del pico de la función de eficiencia luminosa y cuando el dispositivo LED puede manejar más corriente. La cantidad de radiación óptica cerca del pico de la función de eficiencia luminosa está limitada por muchos factores, incluida la física y la química de la producción de luz basada en semiconductores y las consideraciones de diseño espectral relacionadas con la CCT y la reproducción cromática. Las propiedades del paquete de LED limitan la corriente eléctrica que se puede conducir de manera segura al troquel. La producción de lúmenes por paquete de LED es un panorama que cambia rápidamente, especialmente en la categoría de los llamados LED de "alto flujo". En el momento de escribir este artículo, hay paquetes de LED disponibles que ofrecen más de 1500 lúmenes con eficacias superiores a 75 lúmenes por vatio, cuando funcionan a 250 mA. Dichos paquetes se componen de una matriz de chips (en este ejemplo, 49 chips) montados en una sola placa y encapsulados en una óptica refractiva. Los dispositivos de alto flujo se fabrican combinando varios troqueles en una sola luminaria.

LÁMPARA LED, NO INTEGRADA Es una lámpara con LED, sin controlador de LED integrado ni fuente de alimentación y con una base estándar ANSI diseñada para conectarse a una luminaria LED.

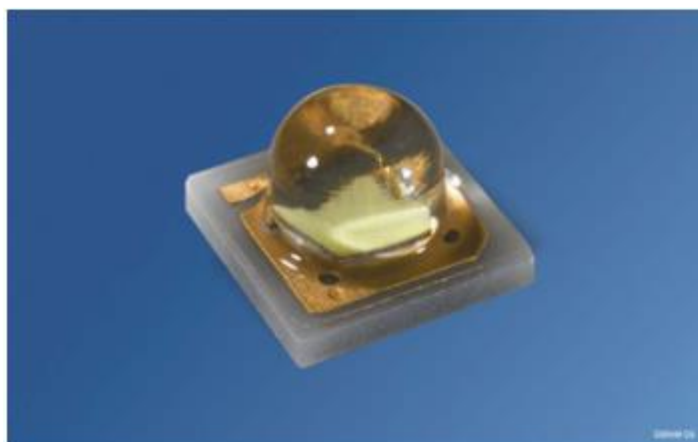
LÁMPARA LED, INTEGRADA Una lámpara con LED, un controlador de LED integrado o fuente de alimentación y con una base estandarizada ANSI diseñada para la conexión a una luminaria LED. A veces abreviado como LEDi.



FIGURA 7.51 | LÁMPARAS LED MINIATURA NO INTEGRADAS
Se muestran lámparas LED miniatura no integradas comúnmente empleadas como luces indicadoras, en tamaños de 3,5 y 8 mm, junto a una cerilla para escala.

LED DIe Un pequeño bloque de material semiconductor en el que se fabrica un circuito funcional dado.

FIGURA 7.52 | LED DE ALTO FLUJO
Un ejemplo de un LED de alto flujo. » Imagen ©OSLON SSL, foto cortesía de OSRAM Opto Semiconductors



7.5.6.2 VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA Y MANTENIMIENTO DE LÚMENES

Los LED tienen el potencial de exhibir vidas operativas muy largas. Dependiendo de sus condiciones de construcción y uso, pueden alcanzar una vida útil de 50.000 horas o más. Las condiciones de uso que afectan el desempeño incluyen: ciclo de operación; condiciones eléctricas impuestas por equipos auxiliares; condiciones térmicas asociadas a la luminaria; temperatura ambiente; flujo de aire; y orientación. A diferencia de las fuentes de luz tradicionales, la vida útil de la lámpara se rige más comúnmente por fallas paramétricas que por fallas catastróficas (consulte 7.5.6.3 Mecanismo de falla). Como todas las fuentes de luz, la salida de lúmenes de los LED disminuye con el tiempo. Por lo tanto, aunque la fuente de LED continúe encendiéndose, la depreciación del lumen puede resultar en una salida de luz más baja que la prevista en la especificación o requerida por los códigos, las prácticas estándar o las reglamentaciones. Por estas razones, la vida útil de la lámpara y el mantenimiento del flujo luminoso están más íntimamente relacionados con los LED que con las fuentes de

luz tradicionales. Como todas las demás fuentes de luz eléctrica, los LED producen menos lúmenes a medida que envejecen. En el momento de escribir este artículo, es difícil generalizar el rendimiento de mantenimiento de lúmenes de los LED porque son una tecnología de rápido desarrollo. Además, se espera que los LED tengan una vida útil prolongada y, como resultado, las pruebas a largo plazo para productos nuevos y recientemente introducidos se basan en gran medida en proyecciones probabilísticas, más que en mediciones reales. En la figura 7.53 se muestra un ejemplo de una curva de mantenimiento del lumen. Para calcular la depreciación del lumen de la lámpara para LED, consulte 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN.

7.5.6.3 MECANISMO DE FALLA

La falla ocurre cuando el LED ya no puede realizar su función prevista. La falla puede ser catastrófica o paramétrica. Una falla catastrófica significa que el LED ya no se encenderá; no se acompaña de rotura de cristales u otros mecanismos de fallo no pasivos. Los mecanismos de falla catastrófica generalmente se deben a sobrecarga eléctrica o térmica y pueden incluir: cables de conexión rotos; des laminación de las capas del paquete; o una ruptura en la metalización del troquel. El resultado final típico es un circuito abierto o un cortocircuito dentro del paquete. Las fallas en el paquete no se pueden reparar. La falla paramétrica significa que un parámetro clave se ha desviado en más de una cantidad aceptable de su valor inicial, aunque el paquete de LED seguirá produciendo radiación óptica. Los mecanismos de falla paramétrica incluyen degradación o cambios en: flujo luminoso; intensidad luminosa; eficacia luminosa; longitud de onda dominante; tensión directa; y corriente de fuga inversa. L_{70} y L_{50} son ejemplos de criterios que podrían usarse para definir fallas paramétricas.

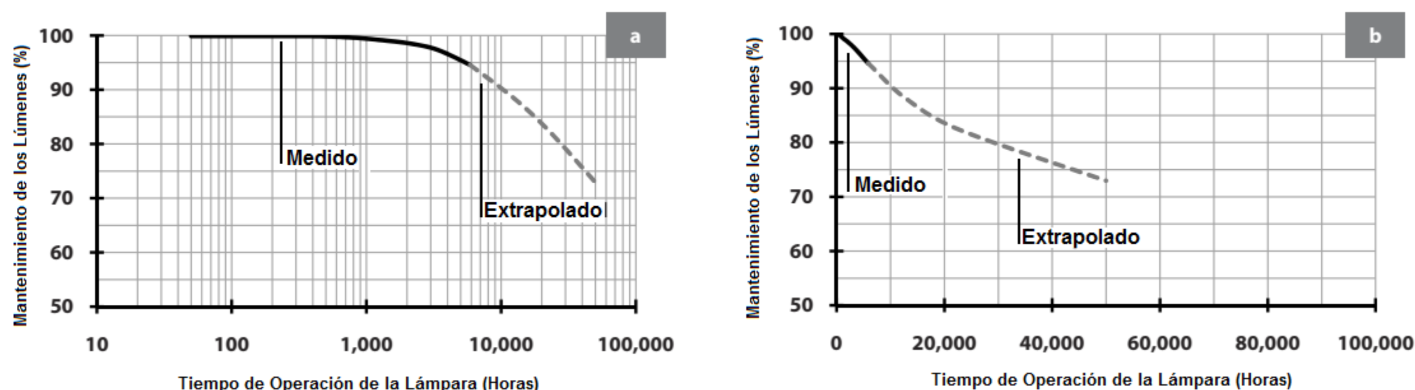


FIGURA 7.53 | MANTENIMIENTO DE LÚMENES PARA UN LED AlInGaP ALIMENTADO A 350 mA

Los datos para (a) y (b) son idénticos, pero se trazan con una escala logarítmica (a) y una escala lineal (b) en el eje horizontal. Estos datos no deben generalizarse ya que la forma de la curva puede no ser la típica de todos los LED. Comuníquese con el fabricante para obtener datos comparables para el producto bajo consideración. A partir de la publicación, 350 mA es una corriente de excitación típica para LED de alto flujo.

Al considerar un lote grande de paquetes de LED, se deben esperar algunas fallas tempranas ("mortalidad infantil"), seguidas de un período de vida útil en el que pueden ocurrir fallas aleatorias ocasionales ("edad media"), seguido de un desgaste más rápido. fuera del período entre el lote ("vejez"). La edad no es sólo una función del tiempo de operación, sino también una función del estrés durante la operación. El estrés del paquete LED está más estrechamente relacionado con el calor (estrés térmico), aunque el estrés eléctrico también puede provocar fallas. Los esfuerzos térmicos y eléctricos están directamente relacionados con la corriente de accionamiento. La Figura 7.54 proporciona la vida útil esperada para

un tipo de LED en función de la temperatura de la unión y la corriente directa; tenga en cuenta que tales curvas pueden variar considerablemente entre productos y esta cifra no debe generalizarse. Consulte la documentación del fabricante.

AC-LED Un AC-LED es un dispositivo que funciona sin un convertidor de CC. Dado que los diodos permiten el flujo de electricidad en una sola dirección, son inherentemente dispositivos de CC. El enfoque básico con los LED de CA es permitir que un juego de Leds se ilumine durante la mitad positiva del ciclo de CA y otro juego durante la mitad del ciclo negativo. Al activar y desactivar alternativamente un número igual de calugas LED, los AC-LED parecen producir una luz constante.

Matriz de LED Conjunto de paquetes de LED en una placa de circuito impreso o sustrato, posible con elementos ópticos e interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas adicionales. El dispositivo no contiene una fuente de alimentación, no incluye una base estándar ANSI y no está conectado directamente al circuito derivado.

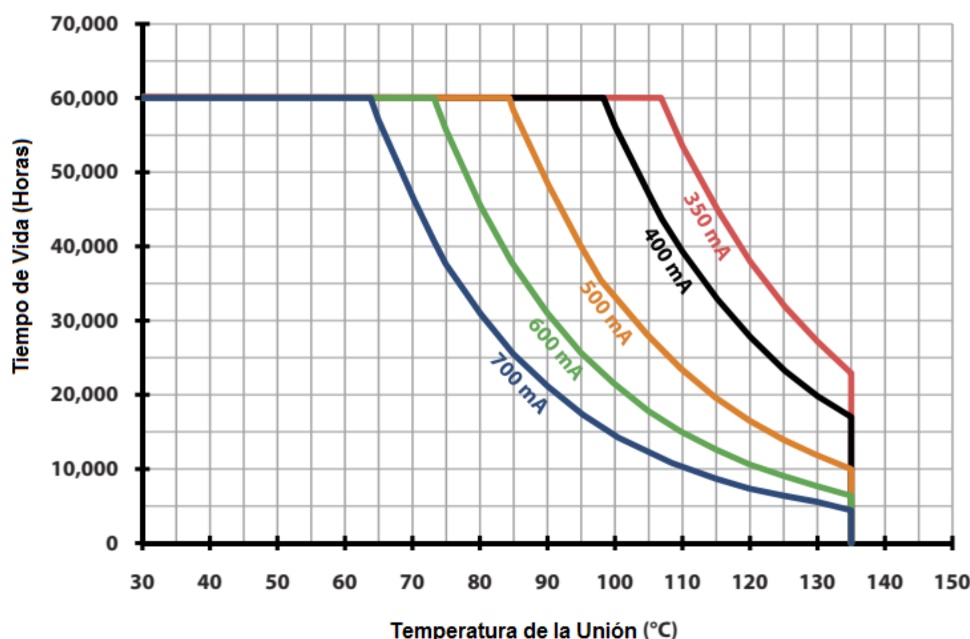
7.5.6.4 CONTROLADORES LED

Las lámparas LED requieren un controlador, que es un componente electrónico auxiliar conectado entre la fuente de alimentación y el paquete, matriz o módulo LED. El controlador de LED proporciona la interfaz entre la alimentación de línea de entrada y la salida a la carga de LED y puede: convertir la alimentación de CA de tensión de línea en alimentación de CC de tensión y corriente adecuadas; proporcionar filtrado de variaciones en el voltaje de línea; proporcionar corrección del factor de potencia; y/o proporcionar control de atenuación. Incluso los sistemas AC-LED sólo conducen corriente a través de cada LED durante la mitad del ciclo de la línea AC. El controlador puede incorporarse a la luminaria como un componente integral, o puede ser un componente especificado por separado en un sistema. Los controladores de LED pueden emplear varias topologías de conversión de energía para lograr la salida de CC regulada deseada, incluido un regulador lineal o un convertidor de modo de conmutación. En la Figura 7.55 se muestra un diagrama de bloques típico de un controlador de LED. Un controlador de LED puede emplear corriente constante o voltaje constante y, por lo tanto, un controlador puede clasificarse como un controlador de corriente constante o un controlador de voltaje constante. Un controlador de corriente constante regula la corriente que pasa a través de los LED, independientemente del voltaje del LED. Una matriz de LED diseñada para un controlador de corriente constante puede tener LED en serie o en una combinación de serie/paralelo. Si la matriz incluye LED en paralelo, debe diseñarse para garantizar que los LED compartan la corriente por igual. Un controlador de voltaje constante regula el voltaje a través de los LED, independientemente de la corriente del LED. Dado que los LED requieren una corriente específica, muchas cargas de LED de voltaje constante también incluyen una impedancia entre el controlador de voltaje y los LED para garantizar el flujo de la corriente adecuada. Las matrices de LED diseñadas para voltaje constante generalmente incluyen varias cadenas de LED en serie, conectadas en paralelo.

CALIDAD DE LA ENERGÍA Un conjunto de límites en la electricidad y propiedades que permiten a un sistema eléctrico operar de la manera prevista sin efectos nocivos para el rendimiento o la vida.

FIGURA 7.54 | VIDA ÚTIL DEL LED FRENTE A LA TEMPERATURA DE LA UNIÓN

Vida útil esperada (B_{50}, L_{70}) para paquetes de LED Luxeon Rebel AlInGaP (por ejemplo, ámbar, rojo-naranja y rojo) en función de la temperatura de la unión y para diferentes corrientes de accionamiento. (B_{50}, L_{70}) es el momento en el que se espera que el 50 % de la población haya fallado catastróficamente (B_{50}) o se haya degradado en más del 30 % desde el flujo luminoso inicial (L_{70}). Tenga en cuenta que estas curvas varían considerablemente con el paquete LED y estos datos no deben generalizarse.



Un controlador debe cumplir con las especificaciones eléctricas relacionadas con la calidad de la energía, que incluyen: factor de potencia (FP); distorsión armónica total (THD); corriente de irrupción; e interferencia electromagnética radiada y conducida (EMI).

FP: Los equipos electrónicos, como un controlador LED, contienen elementos de circuitos reactivos que provocan que la corriente extraída de la línea esté desfasada con el voltaje de la línea, lo que reduce la FP y provoca pérdidas en la línea eléctrica. Para minimizar estas pérdidas, los productos deben tener elementos de circuito correctivos para llevar el FP lo más cerca posible de la unidad, preferiblemente por encima del 90%. A modo de comparación, el filamento de una lámpara incandescente es un elemento puramente resistivo que atrae corriente que está en fase con el voltaje de línea de CA y por lo tanto, tiene un FP de 1, la unidad.

THD: los controladores LED típicos contienen al menos una fuente de alimentación conmutada. La corriente de alta frecuencia extraída por estos suministros provoca una distorsión armónica de la corriente extraída de la línea y también puede provocar un calentamiento del cable neutro y un desequilibrio de la carga en los sistemas trifásicos. ANSI exige que la THD sea inferior al 33 % para los balastos de lámparas fluorescentes [24]. Hasta que se desarrolle un estándar específico para los controladores SSL, se deben cumplir los requisitos de THD ANSI C82.11. Los productos deben contener un filtrado adecuado para cumplir con esta especificación en la aplicación.

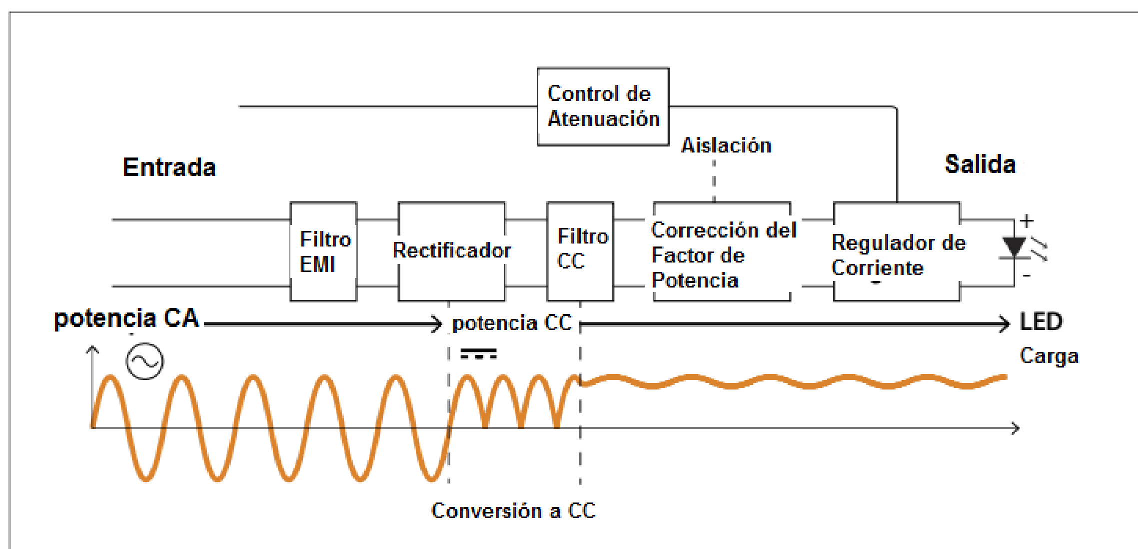
Corriente de Irrupción: las cargas de LED que contienen una gran capacitancia de entrada pueden generar una gran corriente de "irrupción" cuando se aplica energía por primera vez, o durante cada medio ciclo de línea, si se operan desde un atenuador de control de fase de vanguardia, que es el tipo comúnmente empleado para lámparas de filamento. Esta corriente de irrupción puede estresar los disyuntores, interruptores y atenuadores si es significativamente más alta que la corriente de línea pico. La figura 7.56 ilustra esquemáticamente un pico de corriente de irrupción.

EMI: La EMI es causada por la emisión en el espectro de radio de algunos equipos electrónicos, como controladores de LED y balastos de lámparas fluorescentes. EMI no sólo interfiere con los sistemas de radio, sino que también puede interferir con otros equipos electrónicos. Los controladores de LED deben, como mínimo, estar diseñados para cumplir

con los estándares de emisión de IEC EN 61000-6-3 [40]; Es posible que se requiera un control más estricto para aplicaciones sensibles a EMI, como en las cercanías de equipos médicos. Muchas cargas de LED en la actualidad tienen elementos de circuito que el usuario puede tocar. Esto requiere el aislamiento de la salida del controlador de la alimentación eléctrica, que suele ser un aislamiento de "Clase 2" según lo define el Código Eléctrico Nacional [41]. Normas similares existen en Canadá [42].

FIGURA 7.55 | DIAGRAMA DE BLOQUES TÍPICO DEL CONTROLADOR LED

Se ilustran los componentes principales de un controlador LED. La alimentación de línea de CA de entrada está a la izquierda, a través de la alimentación de CC entregada a la carga, a la derecha.

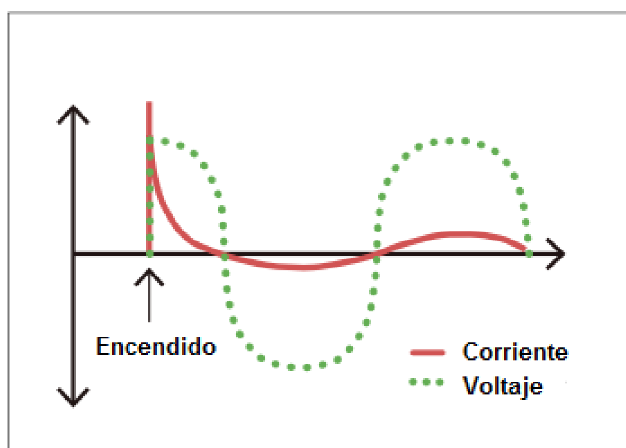


Una fuente de alimentación aislada no es tan eficiente como una que está referenciada a la línea (no aislada), ya que toda la energía debe transferirse a través de un componente (típicamente un transformador). A partir de la publicación, la eficiencia de conversión típica para fuentes de alimentación aisladas es de alrededor del 85 %. Algunos controladores de LED están diseñados para múltiples aplicaciones con diferentes cargas, lo que requiere un circuito de regulación de salida. Si bien esto se puede hacer de muchas maneras, todos los métodos dependen de pasar corriente a través de una impedancia que tiene algún elemento resistivo. La resistencia provoca pérdidas en el circuito en proporción a la corriente. Por lo tanto, los controladores de salida de mayor potencia, que funcionan con una corriente más alta, serán menos eficientes que los controladores de salida de menor potencia. Los voltajes de línea utilizados para aplicaciones de iluminación LED generalmente oscilan entre 100 y 277 V. Algunos controladores están diseñados para múltiples voltajes de entrada, lo que se suma al circuito del controlador interno. En igualdad de condiciones, un controlador diseñado para múltiples voltajes de entrada será menos eficiente que uno diseñado para un solo voltaje de entrada. Sin embargo, no todo suele ser igual; un controlador para múltiples voltajes de entrada de un fabricante puede ser más eficiente que un controlador para un solo voltaje de entrada de un fabricante diferente. Si bien los controladores LED están diseñados para ser lo más eficientes posible, la capacidad de regular la salida y/o operar bajo un rango de voltajes de entrada afecta la eficiencia del controlador. Estos requisitos del controlador pueden requerir un compromiso entre la eficiencia, el costo, la flexibilidad de la aplicación y la calidad del producto. Las hojas de datos de diferentes fabricantes deben evaluarse al tomar decisiones sobre especificaciones.

Algunos controladores de LED proporcionan una indicación de cuándo la salida del LED se degrada por debajo de cierto punto, como L_{70}, lo que indica que se ha llegado al final de la vida útil. Los controladores LED son componentes electrónicos susceptibles al calor. Dado que normalmente se predice que L_{70} se alcanzará a las 50.000 horas, considere reemplazar el controlador al mismo tiempo que las lámparas LED. Los conductores generalmente deben cumplir con los estándares de seguridad de UL [43] [44] [45].

FIGURA 7.56 | CORRIENTE DE ENTRADA DE LED

Ilustración esquemática de un pico de corriente de entrada, que puede ser varias veces mayor que la corriente de funcionamiento de los LED.



Aislamiento La condición de estar eléctricamente separado.

7.S.6.5 ATENUACIÓN

En teoría, es posible atenuar las lámparas LED desde el 100 % de salida de lúmenes hasta menos del 1 %. Al igual que un balasto (el componente auxiliar que permite atenuar las lámparas de descarga mediante el control de las condiciones eléctricas), el controlador LED es el componente auxiliar que permite atenuar los LED mediante el control de las condiciones eléctricas. Existen dos métodos principales para atenuar los LED: reducción lineal de la corriente directa (reducción de corriente constante, CCR); y modulación de ancho de pulso (PWM). Los controladores de corriente constante pueden diseñarse para emplear cualquier método, mientras que PWM es el único método que pueden emplear los controladores de voltaje constante. La Figura 7.57 ilustra esquemáticamente las formas de onda PWM y CCR. La mayoría de los controladores para nuevas especificaciones emplean PWM, que enciende y apaga rápidamente la lámpara LED de cientos a cientos de miles de modulaciones por segundo. A tales frecuencias, el parpadeo del LED es indetectable para el sistema visual humano. Tenga en cuenta que la mayoría de los atenuadores de hoy en día se diseñaron en torno a las características eléctricas de las cargas incandescentes puramente resistivas. Cuando se conectan múltiples cargas de LED al mismo atenuador, es posible que la potencia de carga publicada no represente adecuadamente las tensiones eléctricas aplicadas al atenuador. La corriente de irrupción inicial más alta o las corrientes máximas repetitivas (cuando se usa con un atenuador de vanguardia) pueden sobrecargar el atenuador más allá de sus márgenes de diseño, incluso si no se ha excedido la clasificación de potencia nominal. Consulte la Figura 7.56 para ver una ilustración de un pico de corriente de irrupción.

Las advertencias importantes incluyen el hecho de que no existen estándares para la compatibilidad de controladores/lámparas LED y no existen estándares para caracterizar el rendimiento de atenuación. Con algunas combinaciones de lámpara LED/controlador, se producirá un parpadeo durante la atenuación, en lugar del cambio suave en la salida de lúmenes asociado con la atenuación de sistemas incandescente y fluorescente. En algunos sistemas, las lámparas LED pueden apagarse abruptamente con una salida de lúmenes del 10 al 20 % en lugar de proporcionar una atenuación continua a menos del 1 %. Pueden ocurrir cambios en la CCT y la reproducción del color, aunque tienden a ser insignificantes en las lámparas LED basadas en fósforo. Antes de realizar una especificación, se deben evaluar muestras de los productos en consideración para garantizar la compatibilidad con las expectativas del propietario y el equipo de diseño. La atenuación de los LED no da como resultado una reducción de la eficacia luminosa. La vida útil de la lámpara no se acorta y, de hecho, puede alargarse, ya que la atenuación reduce la temperatura de la unión p-n, que es uno de los principales determinantes de la vida útil del LED.

7.5.6.6 EFICIENCIA DE ENCHUFE DE PARED, EFICACIA LUMINOSA Y EFICACIA DEL SISTEMA

Los LED se caracterizan en parte por su eficiencia radiante, que también se denomina eficiencia de enchufe de pared, que se expresa como:

$$\eta_e = \eta_f \times \eta_{inj} \times \eta_{rad} \times \eta_{opt} \times \eta_{pho} \qquad (7.11)$$

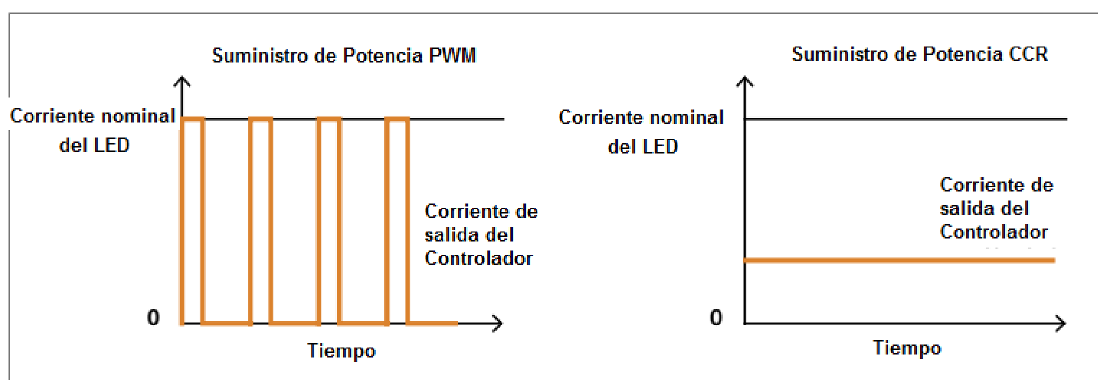
Donde:

η_e =	Eficiencia radiante, o eficiencia de enchufe de pared, que se expresa como un número entero entre 0 y 1,0, ó multiplicado por 100 y expresado en porcentaje.
η_f =	Eficiencia de alimentación, que es la relación entre la energía media de los fotones emitidos y la energía total que los pares electrón-hueco adquieren de la fuente de energía.
η_{inj} =	Eficiencia de inyección, que es la relación entre los electrones que se inyectan en la región donde tiene lugar la recombinación y el número total de electrones que fluyen a través del LED.
η_{rad} =	Eficiencia cuántica interna, que es la relación entre el número de electrones que se recombinan radiativamente (la emisión de radiación óptica), y el total de pares que se recombinan. Electrones y huecos que se recombinan no radiativamente producen pérdida de calor por conducción .
η_{opt} =	Eficiencia óptica, también conocida como eficiencia de extracción de luz, que es la relación entre los fotones generados y los fotones que escapan del dispositivo.
η_{pho} =	Eficiencia de conversión de fósforo, que es la relación entre los fotones emitidos como radiación óptica y los fotones absorbidos. Para los LED que no emplean fósforo, esto es igual a 1,0.

La eficacia luminosa depende de las consideraciones de eficiencia del enchufe de pared descritas anteriormente, pero también de la relación entre las longitudes de onda de la radiación óptica que se pueden generar con la ciencia de materiales actual y la función de eficiencia luminosa. La Figura 7.58 [46] traza la eficiencia radiante de los LED InGaN y AlInGap en función de la longitud de onda, superpuesta con la función de eficiencia luminosa. Si bien es teóricamente posible construir un LED con prácticamente cualquier longitud de onda máxima en el espectro visual, actualmente no es práctico hacerlo en la región de aproximadamente 550 a 580 nm. Puenteando esta brecha es un área activa de investigación [47]. La potencia consumida por el controlador debe tenerse en cuenta al determinar la eficacia del sistema.

FIGURA 7.57 | MÉTODOS DE ATENUACIÓN DE LED

Las formas de onda actuales se ilustran esquemáticamente para los dos métodos más comunes de atenuación de LED. Izquierda: Modulación de ancho de pulso (PWM). Derecha: Reducción de corriente constante (CCR). Ambos representan aproximadamente el 30% de la producción.



7.5.6.7 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Varias características de los LED son sensibles al calor, entre ellas: flujo luminoso; eficacia luminosa; el color de la radiación óptica; y vida. Estas características están relacionadas con la temperatura de la unión p-n, más simplemente denominada temperatura de la unión. Cuanto más fría sea la temperatura de la unión, mejor funcionará un LED. Las temperaturas que excedan la temperatura máxima de unión (T_{jMAX}), que deben figurar en la hoja de datos del paquete de LED (consulte 7.5.4 Nomenclatura), siempre deben evitarse, ya que superar esta temperatura puede provocar una falla catastrófica del paquete. El fabricante de la lámpara LED debe proporcionar gráficos que muestren las características dependientes de la temperatura en función de la temperatura. Por ejemplo, en la Figura 7.59 se muestra un gráfico del cambio en la longitud de onda dominante en función de la temperatura para una lámpara LED de InGaN.

7.5.6.8 REPRODUCCIÓN DE COLOR

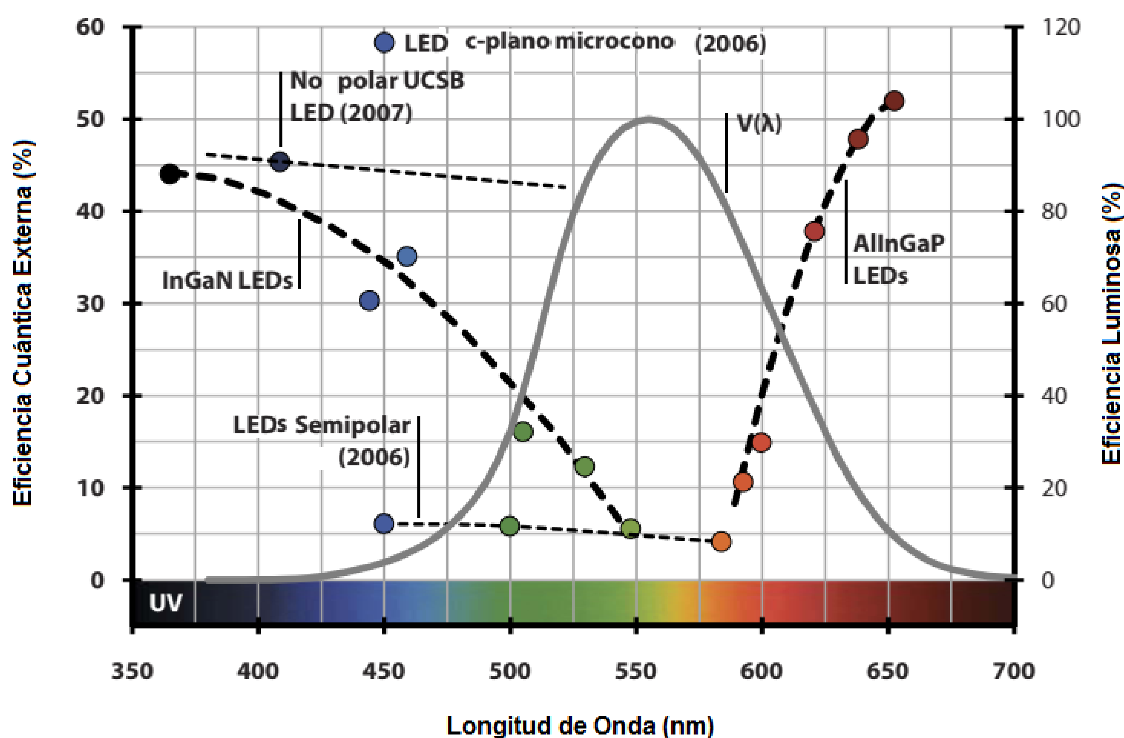
Los experimentos han demostrado que las clasificaciones visuales contradicen las clasificaciones CRI cuando las fuentes de luz LED blancas se encuentran entre las fuentes de luz utilizadas para iluminar una serie de objetos de colores [48] [49] [50]. Como resultado, CIE concluyó que CRI no es aplicable para predecir el orden de clasificación de CRI de un conjunto de fuentes de luz cuando el conjunto incluye lámparas LED blancas [51], y CIE recomendó el desarrollo de un nuevo índice de reproducción cromática, o un conjunto de índices de reproducción cromática. Este trabajo está siendo realizado actualmente por TCI-69 Color Rendering of White Light Sources. Para conocer algunas alternativas a CRI que ya aparecen en la literatura, consulte 6.3.3 Otros métodos para evaluar la reproducción cromática.

7.5.6.9 UNIFORMIDAD Y ESTABILIDAD DEL COLOR

Algunas lámparas LED exhiben variaciones de color inherentes de una lámpara a otra (uniformidad), y pueden cambiar de color como resultado de un cambio en algunas condiciones de operación (estabilidad). Los problemas de uniformidad son el resultado de las complejidades inherentes a la fabricación de semiconductores (consulte 7.5.2 Construcción). Cuando una oblea semiconductora se traza y se corta en un troquel, las diferentes partes del troquel tendrán propiedades diferentes. Además, diferentes obleas tendrán diferentes propiedades, que variarán de un lote a otro. La solución más factible ha sido emplear el llamado bin (contenedor). Un contenedor es un rango restringido de características de rendimiento de LED que se utiliza para---

FIGURA 7.58 | EFICIENCIA CUÁNTICA EXTERNA PARA LED InGan Y AlInGaP

El conocimiento actual de la ciencia de materiales da como resultado una eficiencia cuántica externa desigual en diferentes longitudes de onda. Esta figura proporciona una superposición con la función de eficiencia luminosa. [44]

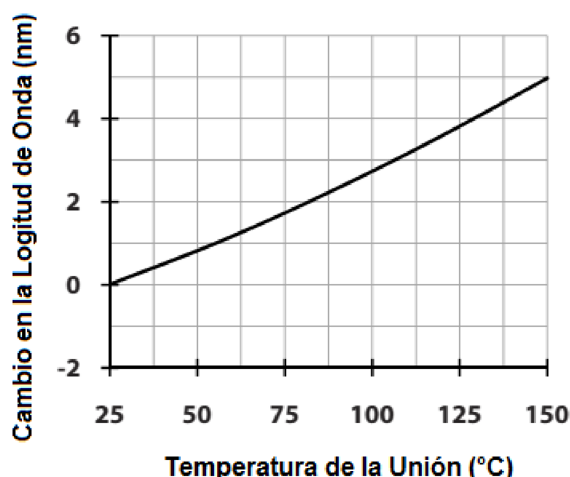


---delimitar un subconjunto de LED cerca de un rendimiento LED nominal identificado por cromaticidad y rendimiento fotométrico. No existe un estándar para agrupar los LED de colores, por lo que los fabricantes adoptan sus propios criterios; tales datos deben estar disponibles en las hojas de datos del producto. Los LED que generan luz blanca a una CCT constante deben agruparse de acuerdo con ANSI C78.377 (consulte 7.5.3.2 Luz blanca de los LED). Tenga en cuenta que algunos fabricantes emplean recipientes más estrechos (más pequeños) que otros fabricantes, y puede haber diferencias visiblemente perceptibles entre las lámparas LED, incluso dentro del mismo recipiente. Si la uniformidad del color es crítica, se deben obtener numerosas muestras de dispositivos, preferiblemente en la extensión de los límites del contenedor. El agrupamiento (Binning) se realiza para LED con y sin fósforo. En el momento de escribir este artículo, los LED que emplean fósforo tienden a tener una mejor uniformidad de color que los LED de colores. La Figura 7.60 proporciona una representación gráfica de contenedores para productos SSL nominalmente blancos que van desde 2700 - 6500 K [36],

Algunos LED cambian de color con los cambios en la temperatura de la unión, lo que puede ser el resultado de la atenuación. No es posible generalizar la magnitud del cambio de color. Los LED AlInGap (por encima de aproximadamente 580 nm) tienden a tener cambios de color más grandes con un cambio de temperatura que los LED InGaN (por debajo de aproximadamente 550 nm). Las lámparas LED también pueden cambiar de color a medida que envejecen, y los diferentes componentes espectrales pueden tener una depreciación del lumen desigual. Algunos sistemas LED multimodales que crean luz blanca con la mezcla aditiva de LED emisores de rojo, verde y azul emplean retroalimentación activa para mantener constante la cromaticidad durante la atenuación y durante la vida útil. Esto se logra ajustando diferencialmente los componentes emisores de rojo, verde y azul. A partir de la publicación, las lámparas LED que emplean fósforo tienden a ser menos susceptibles al cambio de color con respecto a la atenuación y la vida útil.

FIGURA 7.59 | LONGITUD DE ONDA DOMINANTE VERSUS TEMPERATURA DE UNIÓN PARA UN LED InGan

Esta curva no debe generalizarse ya que el cambio de longitud de onda dominante es bastante variable para diferentes tipos de LED. Si el cambio de color es importante, comuníquese con el fabricante para obtener un gráfico comparable para el producto en cuestión.



7.6 FUENTES DE LUZ DESFAVORECIDAS

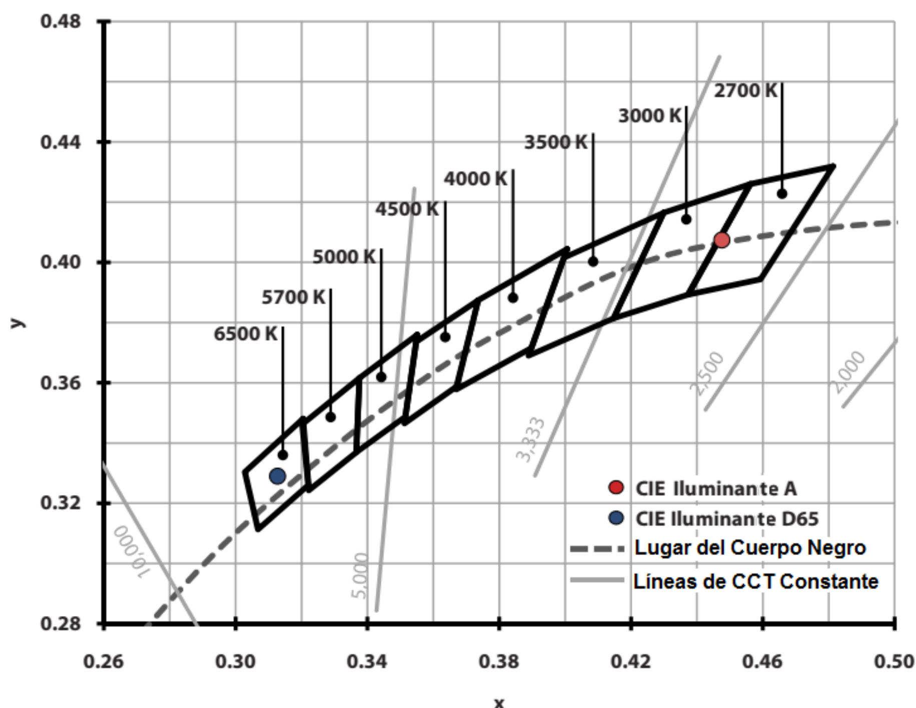
Ciertos tipos de lámparas se han empleado durante muchas décadas, pero ya no son apropiadas para las nuevas especificaciones. Estas incluyen: incandescente de filamento estándar; vapor de mercurio HID; y sodio a baja presión. Las lámparas incandescentes de filamento estándar han sido sustituidas por tecnologías halógenas e infrarrojas halógenas, que han mejorado la vida útil y la eficacia luminosa. Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión han sido reemplazadas por lámparas de halogenuros metálicos, que tienen una mejor reproducción cromática y eficacia luminosa. Las lámparas de sodio de baja presión se empleaban en el pasado debido a su alta eficacia luminosa, que se logra a expensas de la reproducción cromática. Están desfavorecidos porque la compensación entre la eficacia luminosa y la reproducción del color es demasiado severa. Las lámparas de sodio de baja presión producen una luz amarilla monocromática, lo que da como resultado una reproducción cromática abismal y las hace inadecuadas para aplicaciones de iluminación general donde la reproducción cromática tiene incluso una importancia menor.

7.7 OTRAS FUENTES DE LUZ

Las lámparas de arco corto o de arco compacto incluyen lámparas de mercurio y de mercurio-xenón, lámparas de arco corto de xenón y lámparas de xenón con reflector cerámico. Se utilizan principalmente en reflectores, proyectores, sistemas de visualización, instrumentos ópticos y para la simulación de la radiación solar. Las lámparas de halogenuros metálicos de fuente compacta, también llamadas lámparas de halogenuros metálicos de arco medio, están disponibles en diversas construcciones de potencia de 70 a 18.000 W. Se utilizan para iluminación de películas y televisión, iluminación de exteriores, iluminación teatral, iluminación deportiva, iluminadores de fibra óptica, pantallas de cristal líquido (LCD) y proyectores de video. Otras lámparas incluyen lámparas brillantes, lámparas de arco de circonio concentrado, lámparas de arco de xenón pulsado, tubos de flash, lámparas de arco lineal y lámparas electroluminiscentes. Se proporcionan detalles adicionales sobre los tipos de lámparas anteriores en ediciones anteriores del Manual de iluminación de IES.

FIGURA 7.60 | LED BINNING (Agrupamiento)

Representación gráfica de la especificación de cromaticidad de productos SSL nominalmente blancos en el diagrama de cromaticidad CIE (x, y) de 1931, de acuerdo con ANSI C78.377 [34],



7.8 REFERENCIAS

[1] IESNA. 1999. IES Recommended practice for daylighting, IES RP-23-1989. New York: IESNA.

[2] Murdoch JB. 2003. Illuminating engineering: from Edison's lamp to the LED. 2nd ed. New York: Visions Communications. 750 p.

[3] Hopkinson RG, Petherbridge P, Longmore J. 1966. Daylighting. London: Heinemann. 606 p.

[4] IES. 1984. IES Recommended practice for the calculation of daylight availability, IES RP-21-1984. IESNA: New York.

[5] Commission Internationale de I'Eclairage. 2004. Colorimetry. Publication 15:2004 . CIE: Vienna. 79 p.

[6] Vartianinen E. 2000. A comparison of luminous efficacy models with illuminance and irradiance measurements. Renewable Energy. 20:265-277.

[7] Lamm LO. 1981. A new analytic expression for the equation of time. Sol. Energy. 26(5):465.

[8] Meeus J. 1988. Astronomical formulae for calculators. 4th ed. Richmond, VA: Willman-Bell. 218 p.

[9] Gillette G, Pierpoint W, Treado S. 1984. A general illuminance model for daylight availability. J. lllum. Eng. Soc. 13(4):330-340.

[10] IESNA. 1989. IES recommended practice for the lumen method of daylight calculations, IES RP-23-1989. New York: IESNA.

[11] Perez R, Seals R, Michalsky J. 1993. All-weather model for sky luminance distribution, preliminary configuration and validation. Solar Energy. 50(3):235-245.

[12] Perez R, Seals R, Michalsky J. 1993. Erratum: All-weather model for sky luminance distribution, preliminary configuration and validation. 51(5):423.

[13] Commission Internationale de I'Ec1airage. 2004. CIE S 011/E:2003. Spatial distribution of daylight- CIE standard general sky. Vienna: CIE. 7 p.

[14] National Solar Radiation Data Base: 1961- 1990: Typical Meteorological Year 2 [Internet]. National Renewable Energy Laboratory (US); [cited 2010 Jan 27]. Available from: http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/tmy2/.

[15] National Solar Radiation Data Base: 1991- 2005 Update: Typical Meteorological Year 3. [Internet]. National Renewable Energy Laboratory (US); [cited 2010 Jan 27]. Available from: http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/1991-2005/tmy3/.

[16] EnergyPlus Energy Simulation Software – Weather Data. [Internet]. Department of Energy (US); [cited 2010 Jan 27]. Available from: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm.

[17] National Climate Data and Information Archive – Products and Services. [Internet]. Environment Canada; [cited 2010 Jan 27] Available from: http://climate.weatheroffice.gc.ca/prods_servs/index_e.html.

[18] Walkenhorts O, Luther J, Reinhart C, Timmer J. 2002. Dynamic annual daylight simulations based on one-hour and one-minute means of irradiance data. Solar Energy. 72(5):385-395.

[19] Fotios SA, Levermore GJ. 1997. Perception of electric light sources of different colour properties, Lighting Res. Technol. 29(3); 161-171.

[20] Fotios SA, Levermore GJ. 1995. Visual perception under tungsten lamps with enhanced blue spectrum. Lighting Res. Technol. 27(4); 173-179.

[21] McColgan MW, Van Derlofske J, Bullough JD, Shakir I. 2002. Subjective color preferences of common road sign materials under headlamp bulb illumination. SAE technical paper series: advanced lighting technology for vehicles (SP-1668). SAE 2002 World Congress. Detroit, MI.

[22] Guo X, Houser KW. A review of colour rendering indices and their application to commercial light sources. Lighting Res. Technol. 2004; 36(3): 183-199.

[23] Philips Lighting. 1995. LiDaC correspondence course. Module 8: incandescent lamps. 51 p.

[24] ANSI. 2002. ANSI C82.11 Consolidated-2002: American national standard for lamp ballasts—high frequency fluorescent lamp ballasts—supplements. 45 p.

[25] Eastman AA, Campbell JH. 1952. Stroboscopic and flicker effects from fluorescent lamps. Illum. Eng. 47(1): 27-35.

[26] Wilkins A, Lehman B, editors. 2010. IEEE Standard P1789. A review of the literature on light flicker: Ergonomics, biological attributes, potential health effects, and methods in which some LED lighting may introduce flicker. 26 p.

[27] Lehman B, Wilkins A, Berman S, Poplawski M, Miller NJ. 2011. Proposing measures of flicker in the low frequencies for lighting applications. Leukos. 7(3): 189-195.

[28] IESNA LM-47-01. 2001. IESNA approved method for life testing of high intensity discharge (HID) lamps. New York: Illuminating Engineering Society. 5 p.

[29] Gibson RG. 2006. Investigations into LFSW ballast induced instabilities in ceramic metal halide lamps. 41st IAS Annual Meeting. Tampa, FL. 3:1372-1376.

[30] ANSI. 2007. ANSI C78.380-2007. American national standard for electric lamps–high-intensity discharge lamps, method of designation. 16 p.

[31] ANSI. 2005. ANSI C82.6-2005. American national standard for lamp ballasts-ballasts for high—intensity discharge lamps—methods of measurement. 29 p.

[32] Houser KW, Royer MP, Mistrick RG. 2010. Light loss factors for sports lighting. Leukos. 6(3):183-201.

[33] ANSI. 2007. ANSI-ANSLG C78.42-2007. American national standard for electric lamps: high pressure sodium lamps. 86 p.

[34] Ohno Y. 2004. Color rendering and luminous efficacy of white LED spectra. Proceedings of SPIE Fourth international conference on solid state lighting. Denver, CO. 88-98.

[35] Protzman JB, Houser KW. 2006. LEDs for general illumination: the state of the science. Leukos. 3(2): 121-142.

[36] ANSI. 2008. ANSI-NEMA-ANSLG C78.377-2008 American national standard for electric lamps: specifications for the chromaticity of solid state lighting products. 17 p.

[37] ANSI. 2001. ANSI C78.376-2001 American national standard for electric lamps: specifications for the chromaticity of fluorescent lamps. 16 p.

[38] US Department of Energy. 2008. Energy star program requirements for CFLs partner commitments. version 4.0, final version. Washington, DC: US Department of Energy. 38 p.

[39] Next Generation Lighting Industry Alliance with the US Department of Energy. 2010. LED luminaire lifetime: recommendations for testing and reporting. Washington, DC: US Department of Energy. 15 p.

[40] IEC 61000-6-3. 2006. Electromagnetic compatibility (EMC) – part 6-3: generic standards – emission standard for residential, commercial and light-industrial environments. 2nd edition. Geneva, Switzerland: International Special Committee on Radio Interference, International Electrotechnical Commission.

[41] National Fire Protection Association. 2008. NFPA 70: National electric code. Quincy, MA: NFPA. 822 p.

[42] Canadian Standards Association. 2009. C22.1-09: Canadian electrical code, part 1 (21st edition), safety standard for electrical installations. Mississauga, Ontario, Canada: Canadian Standards Association. 628 p.

[43] ANSI/UL 8750. 2009. Light emitting diode (LED) equipment for use in lighting products. Northbrook, IL: Underwriters Laboratory. 60 p.

[44] UL 1310. 2005. Standard for class 2 power units. Northbrook, IL: Underwriters Laboratory. 120 p.

[45] UL 1012. 2005. Standard for power units other than class 2. Northbrook, IL: Underwriters Laboratory. 162 p.

[46] Nakamura S. 2009. Current status of GaN-based solid-state lighting. Materials Research Society Bulletin. 34(2):101-107.

[47] Crawford MH, Koleske DD, Lee SR, Tsao JY, Armstrong AM, Wang GT, Fischer AJ, Wierer JJ, Coltrin ME, Shea-Rohwer LE. 2009. Roadblocks to high efficiency solid-state lighting: bridging the "green-yellow gap". 2009 Quantum Electronics and Laser Science Conference. CLEO/QELS 2009. Baltimore, MD.

[48] Nakano Y, Tahara H, Suehara K, Kohda J, and Yaho T. 2005. Application of multi-spectral camera to color rendering simulator. Proceedings AIC Colour 2005. 1625-1628.

[49] Ohno Y. 2005. Spectral design considerations for color rendering of white LED light sources. Optical Engineering. 44: 111302.

[50] Sandor N, Schanda J. 2005. CIE visual colour-rendering experiments. Proceedings AIC Colour 2005. 511-514. ANSI.

[51] Commission Internationale de I'Ec1airage. 2007. CIE 177:2007 Colour rendering of white LED light sources. Vienna: CIE. 14 p.

[52] American Society for Testing and Materials. 2006. Standard solar constant and zero air mass solar spectral irradiance tables, ASTM E490-00a (Reapproved 2006). West Conshohocken: ASTM.

[53] IESNA. 2005. Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering, ANSI/IES, RP-16-2005. New York: IESNA.

[54] Stephenson DG. 1965. Equations for solar heat gain through windows. Sol. Energy 9(2):81-86.

[55] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2005. Fenestration, Chapter 31 in ASHRAE Handbook: 2005 Fundamentals. Atlanta: ASHRAE.

[56] Karayel M, Navvab M, Ne'eman E, Selkowitz S. 1984. Zenith luminance and sky luminance distributions for daylighting calculations. Energy Build. 6(3):283-29l.

[57] Kittler R. 1967. Standardisation of outdoor conditions for the calculation of daylight factor with clear skies. In Sunlight in buildings: Proceedings of the CIE Intercessional Conference, Newcastle-Upon-Tyne. Vienna: CIE.

[58] Commission Internationale de I'Ec1airage. 1994. CIE 110:1994 Spatial distribution of daylight - luminance distributions of various reference skies. Vienna: CIE. 33 p.

[59] Pierpoint W. 1983. A simple sky model for daylighting calculations. General proceedings: 1983 International Daylighting Conference, edited by T. Vonier. Washington: American Institute of Architects.

[60] Moon P, Spencer DE. 1942. Illumination from a non uniform sky. Illum. Eng. 37(12):707-726.

[61] Commission Internationale de l'Eclairage. 1970. CIE 16-1970 International recommendations for the calculation of natural daylight. Vienna: CIE. 87 p.

7.9 FORMULARIO: DISPONIBILIDAD DE LUZ DIURNA DE IES STANDARD SKIES

(Cielos Estándar de IES)

Con el propósito de realizar comparaciones simples entre diseños para espacios con luz natural, se han desarrollado condiciones de cielo estándar para cielos despejados, parcialmente nublados y nublados representativos. Las contribuciones del sol y del cielo se especifican para estas condiciones del cielo en función de la posición solar. Estos cielos estándar representan promedios de un rango de condiciones del cielo y es poco probable que representen las condiciones que se medirían en un sitio en particular.

7.9.1 CONTRIBUCIÓN DEL SOL

A los efectos de la mayoría de los cálculos básicos de iluminación natural, se considera que el sol es una fuente puntual que produce una iluminancia de haz colimado. La constante de iluminación solar es la iluminancia solar en incidencia normal a una superficie a la distancia media de la tierra del sol en los confines de la atmósfera terrestre. Se obtiene de

$$E_{sc} = \int_{380}^{780} G_\lambda V_\lambda \, d\lambda \qquad \text{(F7.1)}$$

Dónde:

E_{sc} = Iluminación solar constante en Klx.

K_m = eficacia luminosa espectral del flujo solar radiante en lm/W

G_λ = irradiancia espectral solar a la longitud de onda λ , en W

V_λ = Eficiencia luminosa espectral de visión fotópica en la longitud de onda λ

λ = longitud de onda en nm (para visión fotópica de 380 a 780 nm)

Los siguientes parámetros solares se basan en los estándares actuales [52] [53]:

- Iluminación solar constante : (E_{sc}): 133.1 klx (12,370 fc)
- Irradiación solar constante : 1366 W/m^2 (127.0 W/ft^2)
- Eficacia de la luminosidad solar (K_m): 97.4 lm/W

Para calcular la luz solar que llega al suelo, se deben considerar dos condiciones: la distancia variable de la tierra al sol causada por la órbita elíptica de la tierra y el efecto de la atmósfera terrestre. La iluminancia solar extraterrestre, corregida para la órbita elíptica de la tierra, es:

$$E_{xt} = E_{sc}\left(1 + 0.034\cos\frac{2\pi(J-2)}{365}\right) \qquad \text{(F7.2)}$$

Dónde:

E_{xt} = Iluminancia solar extraterrestre en klx
E_{sc} = Iluminación solar constante en klx
J = Fecha Juliana

La iluminancia normal directa al nivel del mar, E_{dn}, corregida por la atenuación atmosférica, se puede calcular para un cielo despejado o parcialmente nublado a través de lo siguiente [54].

$$E_{dn} = E_{xt}e^{-cm} \qquad \text{(F7.3)}$$

Dónde:

E_{dn} = Iluminancia solar normal directa en klx
E_{xt} = Iluminancia solar extraterrestre en klx
c = Coeficiente de extinción atmosférica; cielo claro=0,21, cielo parcialmente nublado=0,80
m = Masa aérea óptica (sin dimensiones)

Note que E_{dn}=0 para un cielo nublado ya que el sol está completamente oscurecido.

Los valores del coeficiente de extinción atmosférica, que se analizan a continuación, varían según las condiciones del cielo. La representación más simple y más utilizada [55] para la masa de aire óptica, m, es:

$$m = \frac{1}{\sin a_t} \qquad \text{(F7.4)}$$

Donde a_t es la altitud solar en radianes.

La luz solar directa en el plano horizontal es entonces expresada por:

$$E_{dh} = E_{dn}\sin a_t \qquad \text{(F7.5)}$$

Dónde:

E_{dh} = Iluminancia solar horizontal directa en klx
E_{dn} = Iluminancia solar normal directa en klx
a_t = Altitud solar en radianes

La luz solar directa en una elevación vertical se expresa por:

$$E_{dv} = E_{dn} \cos a_i \qquad \text{(F7.6)}$$

Dónde:

E_{dv} = Iluminancia solar vertical directa en klx
E_{dn} = Iluminancia solar normal directa en klx
a_i = Ángulo incidente en radianes (ver Ecuación 7.9)

7.9.2 CONTRIBUCIÓN DEL CIELO

Tanto el método de la relación del cielo como el método de la cobertura del cielo se han utilizado para clasificar las condiciones del cielo. La relación del cielo se determina dividiendo la irradiancia horizontal del cielo por la irradiancia horizontal global. Dado que la proporción del cielo se acerca a 1,0 cuando la altitud solar se acerca a cero (independientemente de las condiciones del cielo), este método no es preciso para altitudes solares bajas. El método de cobertura del cielo aplica una estimación de la fracción de cobertura de nubes (0 - 1,0) a lo largo del domo del cielo. Las clasificaciones del cielo basadas en estos enfoques se proporcionan en la Tabla F7.1, que resume las definiciones de cielos despejados, parcialmente nublados y nublados utilizando los métodos de proporción de cielo y fracción de cobertura de nubes.

7.9.2.1 ILUMINANCIA DEL CIELO

La iluminancia horizontal producida por el cielo se puede expresar como una función de la altitud solar para un cielo despejado, parcialmente nublado y nublado, con las constantes A, B y C enumeradas en la Tabla F7.2 [9]:

$$E_{kh} = A + B \sin^{C} a_t \qquad \text{(F7.7)}$$

Dónde:

E_{kh} = iluminancia horizontal debido a una luz del cielo sin obstrucciones en klx
A = iluminancia del amanecer/atardecer en klx
B = coeficiente de iluminancia de altitud solar en klx
C = exponente de iluminancia de altitud solar
a_t = altitud solar en radianes

7.9.2.1 LUMINANCIA DEL CIELO

Con el fin de calcular la contribución de iluminancia de una porción del cielo y para su aplicación en herramientas de software de computadora, se encuentran disponibles ecuaciones para las distribuciones de luminancia del cielo. Se utiliza una ecuación diferente para representar la distribución de luminancia media de cada una de las tres condiciones del cielo. La luminancia del cielo en cualquier posición es una función de la luminancia cenital y la posición del sol relativa a esa dirección. Se aplica un factor de luminancia cenital para calcular la luminancia cenital a partir de la iluminancia horizontal del cielo:

$$L_Z = E_{kh}\ ZL \qquad \text{(F7.8)}$$

Dónde:

L_Z = luminancia cenital en kcd/m²
E_{kh} = iluminancia horizontal debido a luz del cielo sin obstáculos de la ecuación F7.7 en klx

ZL = factor de luminancia cenital en la misma altitud solar como E_{kh}, en $\mathrm{kcd/(m^2\,klx)}$

Los valores para el factor de luminancia cenital se pueden encontrar en la Tabla F7.3. Se han desarrollado ecuaciones más detalladas para la luminancia cenital, que incluyen efectos tales como diferencias en la turbidez atmosférica [56]. Los ángulos utilizados en las determinaciones de la luminancia del cielo se muestran en la Figura F7.1. La posición del sol en esta figura viene dada por el acimut solar a_s y el ángulo cenital del sol Z_0, que es el complemento de la altitud solar:

$$Z_o = \frac{\pi}{2} - a_t \qquad \text{(F7.9)}$$

La posición de un punto p en el cielo (en el que se determinará la luminancia del cielo) viene dada por ángulos, ζ,el ángulo cenital al punto, y γ, el ángulo entre el punto y la posición del sol. Kittler [57] desarrolló una función estándar de distribución de luminancia de cielo despejado y la CIE [8] la adoptó:

$$L(\zeta,\alpha) = L_Z \frac{(0.91 + 10e^{-3\gamma} + 0.45\cos^2\gamma)}{(0.91 + 10e^{-3Z_o} + 0.45\cos^2 Z_o)(1 - e^{-0.32})} \qquad \text{(F7.10)}$$

Dónde:

$L(\zeta,\alpha)$ = luminancia del cielo en el punto p con coordenadas esféricas, ζ y α en $\mathrm{kcd/m^2}$
L_Z = luminancia cenital del cielo en $\mathrm{kcd/m^2}$
γ = ángulo entre el sol y el punto p del cielo en radianes (Ecuación F7.11)
ζ = ángulo cenital del punto p en radianes
α = ángulo azimutal desde el sol en radianes
Z_o = ángulo solar cenital en radianes

El ángulo, γ, entre el sol y el punto p del cielo es dado por:

$$\gamma = \arccos(\cos Z_o \cos\zeta + \sin Z_o \sin\zeta \cos\alpha) \qquad \text{(F7.11)}$$

donde Z_o, ζ, α, y γ se definen como en la Ecuación F7.10. Esta ecuación no tiene en cuenta los cambios en la distribución de luminancia debido a cambios en la turbidez atmosférica, que pueden alterar sustancialmente la distribución de luminancia del cielo.

Tabla F7.1 / Métodos de Clasificación del cielo

Tipo de Cielo	Proporción del cielo ($SR = I_h / I_{global}$)	Trébol de nubes Fracción (CCF)
Claro	$SR \leq 0.3$	$CCF \leq 0.3$
Parcial Nublado	$0.3 < SR < 0.8$	$0.3 < CCF < 0.7$
Nublado	$SR \geq 0.8$	$CCF \geq 0.7$

I_h = irradiancia horizontal

I_{global} = irradiancia global

Tabla F7.2 | Constantes de Disponibilidad de Luz Diurna

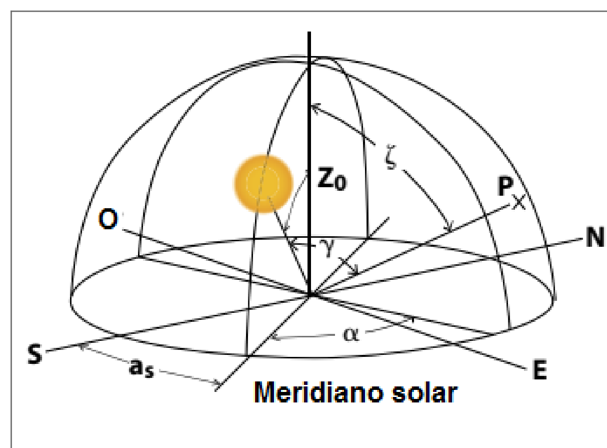
Tipo de Cielo	A (klx)	B (klx)	C
Claro	0.8	15.5	0.5
Parcialmente Nublado	0.3	45.0	1.0
Nublado	0.3	21.0	1.0

Tabla F7.3 / Luminancia Cenital del Cielo (ZL)

Altitud Solar (grados)	Cielo Claro ZL	Parcial Nublado Sky ZL
90	1.034	0.637
85	0.825	0.567
80	0.664	0.501
75	0.541	0.457
70	0.445	0.413
65	0.371	0.375
60	0.314	0.343
55	0.269	0.315
50	0.234	0.292
45	0.206	0.272
40	0.185	0.255
35	0.169	0.241
30	0.156	0.23
25	0.148	0.221
20	0.142	0.214
15	0.139	0.209
10	0.139	0.205
5	0.14	0.202
0	0.144	0.201

Figura F7.1 | Ángulos del sol y el cielo

Los ángulos que se muestran se utilizan para indicar las posiciones del sol y el cielo en las ecuaciones de luminancia del cielo. Ver Ecuaciones F7.10 - F7.14.



La ecuación para un cielo parcialmente nublado [13, 58] es similar en forma a la distribución de cielo despejado pero tiene diferentes valores para las constantes basadas en datos medios para cielos parcialmente nublados.

$$L(\zeta,\alpha) = L_Z \frac{(0.526+5e^{-1.5\gamma})(1-e^{-0.80/\cos\zeta})}{(0.526+5e^{-1.5Z_o})(1-e^{-0.80})} \qquad \text{(F7.12)}$$

donde los símbolos tienen el mismo significado que en la Ecuación F7.10. La ecuación del cielo nublado es:

$$L(\zeta,\alpha) = L_Z(0.864\,\frac{e^{-0.52/\cos\zeta}}{e^{-0.52}} + 0.136\,\frac{(1-e^{-0.52/\cos\zeta})}{e^{-0.52}} \qquad \text{(F7.13)}$$

La forma de la ecuación del cielo cubierto se puede derivar de los primeros principios[59]. El primer término proporciona la contribución de luminancia de la capa de nubes, mientras que el segundo término proporciona la contribución de luminancia de la atmósfera entre el fondo de la capa de nubes y el suelo. Se han elegido constantes para dar el mejor ajuste a los datos originales de cielo nublado utilizados por Moon y Spencer [60].

La ecuación empírica de Moon-Spencer para la distribución de luminancia de un cielo nublado es:

$$L(\zeta,\alpha) = \frac{L_Z}{3}(1+2\cos\zeta) \qquad \text{(F7.14)}$$

Donde:

$L(\zeta,\alpha)$ = **Luminancia del cielo en** $\mathrm{kcd/m^2}$
L_Z = **Luminancia cenital del cielo en** $\mathrm{kcd/m^2}$
ζ = **Ángulo del punto cenital en radianes**

Esta ecuación se ha utilizado casi universalmente para representar cielos cubiertos durante los últimos 40 años y fue adoptada por la CIE en 1955 [61]. Es históricamente significativo porque una gran cantidad de métodos de cálculo de la luz del día se basan en ella. Hay muy poca diferencia numérica entre las ecuaciones F7.13 y F7.14 para las constantes apropiadas.


© Slobodan Zivkovic

8 | LUMINARIAS FORMAS Y ÓPTICA

El héroe es aquel que enciende una gran luz en el mundo, que pone antorchas encendidas en las calles oscuras de la vida para que los hombres vean. Felix Adler, profesor de ética política y social de principios del siglo XX.

CONTENIDO

Una luminaria es un dispositivo para producir, controlar y distribuir la luz. Es una unidad de iluminación completa que consta de una o más lámparas y algunos o todos los siguientes componentes: dispositivos de control óptico diseñados para distribuir la luz; casquillos o soportes para colocar y proteger las lámparas y para conectar las lámparas a un suministro de energía eléctrica; los componentes mecánicos necesarios para soportar o conectar la luminaria, y varios componentes eléctricos y electrónicos para encender, operar, atenuar o controlar y mantener el funcionamiento de las lámparas o LED. Este capítulo trata sobre las formas y la óptica de las luminarias, los balastos y los controladores de LED se describen en 7.3.6.5 Balastos. Este capítulo describe los tipos de luminarias más comunes, cómo se utilizan, cómo se evalúa su rendimiento y proporciona un sistema de clasificación general útil para comprender su aplicación. La información para las aplicaciones específicas de las luminarias se puede encontrar en los capítulos de aplicación correspondientes.

8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

8.1.1 FUENTES DE LUZ

Las luminarias están diseñadas y fabricadas para todos los tipos comunes de lámparas eléctricas. Las luminarias están comúnmente disponibles para estas lámparas:

• Filamento incandescente, incluidas las lámparas halógenas de tungsteno e infrarrojas (calefacción)

• Fluorescentes

• Fluorescentes compactas

• Descarga de alta intensidad, incluidas las de haluro metálico y sodio a alta presión

• Diodos emisores de luz (LED)

• Diodos orgánicos emisores de luz (OLED)

• Inducción o sin electrodos, incluidas las lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos.

Menos comunes son las luminarias para estas fuentes:

• Lámparas de sodio de baja presión

• Lámparas de arco de xenón

• Arcos de carbono

• Microplasma

• Estado sólido – plasma

El tamaño, los materiales, las propiedades térmicas, el rendimiento fotométrico y los requisitos de potencia de una luminaria dependen de la lámpara. Por ejemplo, las lámparas que producen una gran cantidad de radiación infrarroja (IR) requieren luminarias ventiladas para convección y las lámparas fluorescentes que son sensibles a la temperatura ambiental deben protegerse de las bajas temperaturas del aire.

8.1.2 COMPONENTES DE CONTROL DE LUZ

Las lámparas utilizadas en algunas luminarias tienen componentes de control óptico integrados. Suelen ser lámparas halógenas de filamento y tungsteno con un revestimiento reflectante y/o prismas refractores en la bombilla y LED con cápsulas refractoras integrales. Estos componentes integrales de la lámpara producen haces y patrones de luz útiles sin ningún control óptico auxiliar. En estos casos, la lámpara proporciona la mayor parte del control de la luz; la luminaria es simplemente un aparato para sostener la lámpara, proporcionar energía eléctrica, proporcionar un truncamiento adicional del haz de la lámpara y quizás permitir que la lámpara se dirija en diferentes direcciones. La mayoría de las lámparas sin estos componentes de control óptico emiten luz en prácticamente todas las direcciones y su aplicación eficiente es producida por componentes de control de luz en la luminaria para recolectar y distribuir la luz de la lámpara. Normalmente se utilizan cuatro tipos de componentes de control de la luz: reflectores, refractores, difusores y persianas o pantallas. Ver 1.5 Óptica para iluminación para una discusión sobre la óptica del control de la luz por reflexión, refracción y difusión.

8.1.2.1 PANTALLAS, DEFLECTORES Y PERSIANAS

Las pantallas, deflectores y persianas son materiales opacos o translúcidos moldeados o configurados para reducir o eliminar la vista directa de la lámpara desde el exterior de la luminaria. Las pantallas suelen ser translúcidas y están diseñadas para difundir la luz de la lámpara y proporcionar cierto control direccional. Las cortinas completamente opacas brindan control direccional, pero por diseño brindan poca luz difusa que puede contribuir a una apariencia tenue general de la habitación o el área y puede introducir efectos de adaptación severos del primer plano al fondo si estas son las únicas luminarias en uso. Los deflectores son aspas lineales y tienen un tamaño de medio opaco o translúcido y están configurados para limitar la vista directa de la(s) lámpara(s) desde las direcciones de visualización normales sentados y/o de pie. Los deflectores suelen estar orientados perpendicularmente al eje largo de la(s) lámpara(s). El acrílico y el metal son materiales comunes. Los acabados típicos van desde el negro mate o especular (menos eficiente) hasta el blanco y el

aluminio, aunque la mayoría se puede pintar de fábrica en cualquier color disponible en recubrimiento en polvo. Los acabados especulares pueden crear imágenes de lámparas reflejadas visibles en algunos ángulos de visión que pueden producir un deslumbramiento directo y reflejos de velo en las tareas. Los deflectores pueden ser simples hojas rectas o contorneados para ofrecer un control óptico mejorado. Las persianas son esencialmente deflectores y con frecuencia se colocan perpendiculares entre sí creando lo que históricamente se llama un patrón de caja de huevos. Las persianas se pueden configurar con contornos compuestos para una variedad de patrones de distribución y límites de control del deslumbramiento. En luminarias con lámparas fluorescentes grandes, generalmente de 2' por 2' o más grandes, y donde las lámparas pueden ser de alto rendimiento o las personas y las tareas son sensibles a la luz directa, las lámparas se pueden colocar para que se asienten directamente sobre rejillas contorneadas y diseñadas geométricamente para limitar la vista directa de las lámparas. En otros diseños en los que se utilizan lámparas de bajo rendimiento y en los que se cambia el control del deslumbramiento por la eficiencia, las lámparas pueden colocarse directamente entre las celdas con persianas.

8.1.2.2 DIFUSORES

Los difusores son elementos de control de la luz que dispersan y redirigen la luz incidente en muchas direcciones. La mayoría de los difusores dispersan la luz, un proceso que puede tener lugar en el material, como en los difusores a granel como el plástico blanco, o en la superficie, como en el vidrio grabado o pulido con chorro de arena. Los difusores se utilizan para difundir la luz y dado que la dispersión destruye las imágenes ópticas, oscurece el interior de las luminarias, suprime las imágenes de las lámparas y reduce las luminancias elevadas aumentando el área sobre la que la luz deja una luminaria. El material difusor holográfico desarrollado recientemente [1] permite un control mucho mayor de la distribución de la luz difusa que la simple dispersión en masa o en la superficie. Este material permite el diseño de luminarias con distribuciones de intensidad muy personalizadas y eficiencias luminosas muy altas [2].

8.1.2.3 REFLECTORES

Un reflector es un dispositivo, generalmente de metal o plástico revestido que exhibe una alta reflectancia, diseñado para redirigir por reflexión la luz emitida por una lámpara. El acabado superficial de los reflectores de las luminarias suele clasificarse como especular, semiespecular, extendido o difuso. Consulte 1.5 Óptica para iluminación.

Algunas aplicaciones requieren que el reflector controle la luz con mucha precisión y se utiliza material reflectante especular o semiespecular. Los reflectores de metal se forman y luego se pulen o se recubren químicamente para producir un acabado especular. En algunos casos, los reflectores metálicos se fabrican con material metálico que ya ha sido tratado para producir un acabado especular. Los reflectores de plástico se moldean y luego se revisten con aluminio por vaporización. Ejemplos de reflectores especulares son los que se utilizan para controlar la luz de una lámpara de haluro metálico para producir un haz estrecho de luz para iluminación deportiva y las persianas parabólicas en algunos troffers de lámparas fluorescentes.

La iluminación troffer (también conocida como iluminación troffer empotrada) es un término que se usa a menudo para describir los accesorios de iluminación interior que se montan dentro de un techo o rejilla de techo, de ahí el término "empotrado". Los tamaños típicos de accesorios incluyen troffers de 1 x 4, troffers de 2 x 2 y troffers de 2 x 4. Este tipo de iluminación interior se encuentra en una variedad de tipos de edificios y usos en el lugar de trabajo, y se usa comúnmente para proporcionar iluminación para iluminación comercial, iluminación industrial, iluminación minorista, iluminación de almacén y aplicaciones de iluminación en el aula.


Un ejemplo de luminaria tipo troffer.

En algunas luminarias el reflector no tiene que controlar la luz con mucha precisión y es suficiente que el reflector tenga una reflectancia alta pero no direccional. Un ejemplo de esto son los reflectores metálicos revestidos de color blanco, ligeramente especulares, en algunas luminarias de lámparas fluorescentes grandes. Los reflectores difusos generalmente no se pueden usar para controlar y redirigir la luz de una lámpara, ya que la luz se refleja más o menos uniformemente en todas las direcciones. Consulte 1.5.1 Fenómenos ópticos importantes. Por lo tanto, los reflectores difusos son poco comunes en las luminarias como elementos ópticos de protección o formadores de haz. Sin embargo, el material difuso con una reflectancia muy alta puede ser utilizado para producir cámaras de integración altamente eficientes para capturar y distribuir la luz de los LED de alta potencia que, de otro modo, serían difíciles de usar debido a su muy alta luminancia.

Otras aplicaciones y lámparas requieren reflectores con acabados superficiales especiales, como materiales semiespeculares o martillados (ver 1.5.1.1 Reflectores), o recubrimientos para reducir la separación de color por reflexión (iridiscencia) cuando se usan ciertas lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos. Ver 1.5.2.5 Películas delgadas.

En algunos casos, los reflectores tienen propiedades que varían con la longitud de onda. Se aplican al vidrio capas alternas de materiales con diferentes índices de refracción. Estas capas tienen un espesor aproximado al de la longitud de onda de la luz (500 nm). Los efectos de interferencia producen reflexión y (simultáneamente) transmitancia que cambia con la longitud de onda. Ver 1.5.1.4 Interferencia. Esto es útil si se desea reflejar la luz pero no reflejar la radiación térmica de longitud de onda larga o, por el contrario, reflejar la radiación de longitud de onda larga y dejar pasar la luz. Estos reflectores se utilizan cuando es necesario dirigir la luz y controlar el calor generado por las lámparas.

Para los reflectores de metal, los tratamientos superficiales se utilizan para aumentar la dureza, mejorar la resistencia a la corrosión y proporcionar un revestimiento reflectante y de color. Por lo general, estos tratamientos se realizan en el metal antes de que se transforme en piezas reflectoras, por lo que se denomina preacabado. Uno de estos procesos es la anodización; un proceso electrolítico en baño de ácido comúnmente utilizado con aleaciones de aluminio para depositar una capa de óxido de aluminio en la superficie y aumentar la resistencia a la corrosión. El proceso Alzak® trata previamente la superficie del metal para aumentar la reflectancia y si es necesario, la especularidad. Esto a menudo se denomina abrillantado electroquímico. Las características importantes del material reflector preacabado son su

reflectividad, el grado de especularidad y su capacidad para mantener la reflectividad. Algunos tratamientos de superficie involucran la deposición de capas muy delgadas que pueden producir dispersión del espectro de la lámpara, causando iridiscencia. Ver 1.5.1.4 Interferencia.

8.1.2.4 REFRACTORES

Los refractores son dispositivos de control de la luz que aprovechan el cambio de dirección que sufre la luz cuando pasa a través del límite de materiales de diferente densidad óptica, como aire/vidrio o aire/plástico. Un material, generalmente vidrio o plástico, tiene una forma tal que la luz se redirige cuando pasa a través de él. Esta redirección se puede lograr con prismas bidimensionales extruidos lineales o con prismas tridimensionales. Estos prismas pueden levantarse de la superficie del material o grabarse en relieve en él. Por lo general, son lo suficientemente pequeños como para convertirse en un tipo de tratamiento de superficie en un lado de una lámina de vidrio o plástico que de otro modo sería plana. La lámina completa se denomina lente prismática. Se puede usar una colección de pequeños prismas, que actúan en conjunto, para controlar las direcciones desde las que la luz sale de una luminaria. Esta redirección se puede utilizar para destruir parcialmente las imágenes y por lo tanto, oscurecer las lámparas y reducir la luminancia al aumentar el área sobre la cual la luz sale de la luminaria. En algunos casos, se utilizan prismas lineales, crestas con forma o festones para difundir la luz o ampliar el haz producido por la luminaria. En algunos casos, la lámina que contiene los prismas tiene forma para proporcionar un control adicional. En aplicaciones especializadas, como los refractores utilizados para algunas luminarias de alumbrado público, los prismas se encuentran en ambas superficies del material. Otra aplicación del material refractor aprovecha la reflexión interna total. En este caso, el material de refracción tiene una forma tal que la luz pasa a través de su primera superficie y la segunda superficie refleja gran parte de la luz de vuelta al material y sale por la primera superficie. Ver 1.5.2.3 Prismas y 1.5.2.1 Reflectores. Algunas luminarias industriales de vidrio y plástico utilizan este tipo de control de luz. Esta es también la base para el funcionamiento de los tubos de luz y las luminarias de fibra óptica.

Para algunas luminarias, la lámpara y la aplicación requieren una cubierta transparente para evitar que los componentes rotos de la lámpara se caigan de la luminaria. Aunque proporcionan poco control óptico, estas placas de cubierta a menudo se denominan lentes.

8.1.2.5 FILTROS

En algunas aplicaciones es necesario alterar la distribución de potencia espectral de la radiación óptica producida por la lámpara antes de que abandone la luminaria, sin alterar necesariamente la distribución espacial de la radiación. Los filtros pueden proporcionar esta alteración. Para algunas aplicaciones médicas y de museos, los filtros se utilizan para eliminar o bloquear la radiación ultravioleta (UV) o infrarroja (IR). Para estos filtros se utilizan materiales de vidrio o plástico que absorben la radiación UV. Los filtros que limitan la distribución de potencia espectral de la radiación óptica que sale de la luminaria a bandas relativamente estrechas se pueden utilizar para proporcionar filtración de color. Algunos de estos se basan en la interferencia producida por películas delgadas, otros usan absorción a granel. Los filtros de interferencia generalmente tienen un mejor control espectral y pueden producir transmisión en bandas espectrales muy estrechas cuando sea necesario. Con algunas luminarias de acento y proyección se utilizan filtros de material opaco delgado que tienen patrones recortados. Dichos filtros interrumpen el haz de la luminaria y, por lo tanto, proyectan los patrones. Estos filtros se llaman gobos.

8.1.3 COMPONENTES MECÁNICOS

Los componentes mecánicos de una luminaria consisten en una carcasa o estructura general para soportar otros componentes de la luminaria y un mecanismo de montaje para la fijación de la luminaria a su soporte. En algunas luminarias, el reflector es un componente separado que se fija a la carcasa, como en un downlight de lámpara fluorescente compacta. En algunas luminarias, la carcasa sirve como reflector, como en un troffer de lámpara fluorescente. Si la luminaria utiliza un refractor o una cubierta transparente, se proporcionan marcos o puertas con bisagras que sostienen

la lente. El acceso para limpieza y cambio de lámparas se realiza a través de esta puerta. En aplicaciones húmedas o mojadas, es necesario proporcionar sellos adecuados para evitar la migración de agua a la luminaria. En algunas ubicaciones peligrosas, la carcasa y los sellos deben evitar que los vapores explosivos o inflamables entren en contacto con las altas temperaturas de la superficie de la lámpara o chispas eléctricas. Se dice que estas luminarias son a prueba de explosiones y deben tener una lista específica (clase y división) para garantizar que sean seguras en tipos específicos de entornos peligrosos. En algunas aplicaciones, la luminaria se utiliza como parte del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio. El aire se suministra o extrae de la habitación utilizando la luminaria. En este caso, se proporcionan conductos de ventilación dentro de la luminaria, así como accesorios para conductos de aire y ranuras a través de las cuales el aire entra o sale de la habitación.

8.1.4 COMPONENTES ELÉCTRICOS

Los componentes eléctricos de la luminaria se encargan del funcionamiento de la lámpara. Uno o más casquillos proporcionan soporte mecánico para la lámpara y proporcionan las conexiones eléctricas necesarias. Para algunas lámparas, generalmente de un solo casquillo, se requiere un soporte mecánico además del portalámparas. Si la lámpara lo requiere, la luminaria contiene y admite balastros, arrancadores, encendedores, capacitores o controladores. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS para una descripción de estos componentes. El tamaño y la potencia que manejan estos componentes a menudo determinan el tamaño de la luminaria y los requisitos para un rendimiento térmico adecuado. En algunas aplicaciones, estos componentes son demasiado pesados, demasiado ruidosos o demasiado grandes para estar en la luminaria. En estos casos, el balasto y otros equipos auxiliares se montan de forma remota con respecto a la luminaria y la lámpara. Las luminarias también pueden tener control de atenuación o módulos de datos además de balastos.

La luminaria también contiene cableado y conectores para conectar el portalámparas, o el balasto, si está presente, al cableado externo que lleva la energía eléctrica a la luminaria. Estos cables y componentes eléctricos deben cumplir con los requisitos térmicos del área en la que se utilizan. También puede haber cableado de control o señal para un balasto o un módulo de control de atenuación. Ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN.

8.1.5 COMPONENTES TÉRMICOS Y DE MANEJO DE AIRE

Algunas luminarias requieren disipadores de calor para eliminar conductivamente el calor generado por la lámpara. En otros casos, se requieren aletas o aberturas para permitir la eliminación del calor por convección. Los LED requieren disipadores de calor para limitar la temperatura de unión y así mantener las eficacias luminosas esperadas. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. Estos disipadores de calor pueden ser parte de la estructura que contiene los propios LED, o ser parte de la luminaria a la que se une la estructura LED. Cuando los códigos de construcción lo permiten, algunas luminarias diseñadas para usarse como parte del sistema de tratamiento de aire en un edificio pueden usarse para suministrar o eliminar aire. Estas luminarias pueden tener una cámara de aire interna, una abertura que está conectada al sistema de manejo de aire del edificio y ventilaciones para la entrada o distribución de aire.

8.2 Clasificación de luminarias

La clasificación de luminarias ayuda a los especificadores y fabricantes a describir, organizar, catalogar y recuperar información sobre luminarias. La naturaleza de la clasificación de las luminarias ha cambiado con el avance de la informática y la tecnología de la información. La práctica moderna de diseño y especificación de iluminación se basa en bases de datos de luminarias basadas en computadora, a las que se accede a través de Internet. Esta tecnología permite

actualizar los datos de las luminarias de forma frecuente y sencilla. En tales sistemas, una luminaria puede ser conocida por todas sus características, siendo cualquiera de ellas el camino por el cual una búsqueda encuentra la luminaria en una base de datos.

Las luminarias se pueden clasificar según su aplicación o características fotométricas. La aplicación se refiere a amplias categorías de uso o tipo de proyecto, donde las tareas de iluminación, los entornos y las actividades son muy similares. Dentro de una aplicación, las luminarias pueden clasificarse de acuerdo con la fuente, el montaje o la construcción. Las características fotométricas suelen referirse a la distribución de la luz producida por la luminaria. Esta puede ser una categorización basada en la forma general de la distribución, en las proporciones de la cantidad de luz enviada en varias direcciones, o si la luminaria emite alguna luz en ciertas direcciones. Las luminarias también se pueden clasificar por la calidad de los componentes: calibre del metal, espesor de la lente, tipo y calidad de los acabados y métodos de ensamblaje y construcción. El grado de calidad generalmente se establece en un rango que va desde el grado de "producto básico" hasta el de "especificación".

8.2.1 CLASIFICACIÓN POR APLICACIÓN

Una forma de clasificación organiza las luminarias por aplicación. Muchas características de las luminarias están determinadas por la aplicación, por lo que esta distinción resulta útil para organizar la información de las luminarias. Las luminarias suelen clasificarse según estas áreas de aplicación:

- Residencial
- Comercial
- Industrial
- Vial
- Deportes
- Iluminación por proyección
- Emergencia
- Paisaje
- Aplicaciones especiales y personalizadas

Dentro de cada aplicación, las luminarias se pueden clasificar por fuente, montaje y construcción. Ejemplos de estas clasificaciones son:

- Luminaria residencial montada en el techo con una lámpara de incandescencia
- Luminaria troffer comercial empotrada con lámparas fluorescentes
- Luminaria suspendida industrial de gran altura con una lámpara de halogenuros metálicos
- Luminaria deportiva de punto angosto con una lámpara de halogenuros metálicos.

8.2.2 CLASIFICACIÓN POR CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS

Otra forma de clasificación utiliza la intensidad luminosa o distribución de flujo de la luminaria. Para luminarias utilizadas en interiores, se utiliza con frecuencia un método especificado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE). Para las luminarias de exterior se utilizan los métodos NEMA e IES.

8.2.2.1 SISTEMA CIE

La Comisión Internacional de Iluminación clasifica las luminarias según la proporción de salida de luz dirigida hacia arriba y hacia abajo. Este sistema se suele aplicar a luminarias de interior. La Figura 8.1 muestra distribuciones de intensidad típicas para estas clases.

• Iluminación Directa. Cuando las luminarias dirigen el 90-100% de su salida hacia abajo, forman un sistema de iluminación directa. La distribución puede variar de generalizada a altamente concentrada, según el material del reflector, el acabado y el contorno y el blindaje o los medios de control óptico empleados.

• Iluminación Semidirecta. La distribución de las luminarias semidirectas es predominantemente descendente (60-90 %) pero con una pequeña componente ascendente para iluminar el techo y las paredes superiores.

• Iluminación Directa-Indirecta. La distribución de luminarias directas-indirectas tiene componentes de flujo ascendentes y descendentes iguales, con muy poco flujo en ángulos cercanos a la horizontal. La distribución ascendente es a menudo un ala de murciélago leve. Esta es una categoría especial dentro de Difusa General

• Iluminación Difusa General. Cuando los componentes ascendente y descendente del flujo de las luminarias son aproximadamente iguales (cada uno del 40 al 60 % de la salida total de la luminaria), el sistema se clasifica como general difuso.

FIGURA 8.1 | SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS CIE

Distribuciones de intensidad polar que tipifican seis clases de distribuciones de luminarias en el Sistema CIE. El sistema se basa tanto en la fracción de lúmenes dirigidos hacia arriba y hacia abajo como en la forma de la distribución de intensidad.

Clasificación CIE	Distrubución Aproximada de Luz Emitida por la Luminaria Porcentaje Ascendente	Porcentaje Descendiente
Directa	0-10	100-90
Semi directa	10-40	90-60
Directa-indirecta	50	50
Difusa General	40-60	60-40
Semi indirecta	60-90	40-10
Indirecta	90-100	10-0

• Iluminación Semi-Indirecta. Las luminarias que emiten entre el 60 y el 90 % de su salida hacia arriba se clasifican como semiindirectas.

• Iluminación Indirecta. Las luminarias clasificadas como indirectas son aquellas que dirigen el 90-100% de la luz hacia el techo y las paredes laterales superiores.

8.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE INTERIORES POR ÁNGULO DE CORTE

Existen varias características de las distribuciones de intensidad de las luminarias de interiores que son importantes para la clasificación. Esta información puede aparecer en el informe fotométrico de una luminaria. Ver 8.4.2. Componentes de Reportes Fotométricos de Luminarias.

• Corte físico. El ángulo medido desde el nadir en el que la lámpara está totalmente ocluida.

• Corte óptico. El ángulo medido desde el nadir en el cual el reflejo de la lámpara en el reflector está completamente ocluido.

• Ángulo de blindaje. El ángulo medido desde la horizontal en el que la lámpara es apenas visible. Este es el complemento del ángulo de corte físico.

8.2.2.3 CLASIFICACIÓN NEMA

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) ha establecido un sistema de clasificación de luminarias basado en la distribución de flujo dentro del haz producido por la luminaria. Se utiliza principalmente para iluminación deportiva y luminarias de proyección. Se definen siete distribuciones, tipos 1 a 7, desde los haces más estrechos hasta los más anchos. Esta y otras clasificaciones utilizan el ángulo de haz y el ángulo de campo para especificar las características de la distribución de las luminarias. El ángulo del haz se define como el ángulo mayor, medido desde el centro de la distribución, en el que la intensidad cae a 0,50 del máximo. El ángulo de campo se define como el mayor ángulo, medido desde el centro de la distribución, en el que la intensidad cae a 0,10 del máximo. La Figura 8.2 da un ejemplo. La Figura 8.3 muestra las proyecciones de los tipos de haz NEMA, sus rangos de ángulo de campo y las distancias de proyección aproximadas.

8.2.2.4 CLASIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN IES DE LUMINARIAS PARA EXTERIORES

Este sistema se basa en la forma del área que está principalmente iluminada por la luminaria. Se utiliza para luminarias de iluminación de carreteras y áreas donde se requiere un análisis completo de cómo se distribuye la luz. Aunque estas luminarias pueden diferir en la forma en que están montadas, el tipo de distribución de intensidad que exhiben y el grado a las que proporcionan corte, estas luminarias a menudo se especifican por la forma en que iluminan un área. Las siguientes son las clasificaciones de luminarias para exteriores IES por distribución de intensidad:

• Tipo I: Distribución estrecha y simétrica, la intensidad más alta generalmente en el nadir

• Tipo II: Distribución más amplia que el Tipo I, intensidad más alta entre 10° y 20° desde el nadir

• Tipo III: Amplia distribución, máxima intensidad entre 25° y 35° desde el nadir

• Tipo IV: distribución más amplia. Intensidad más alta a más de 35° desde el nadir

• Tipo V: simétrico; produce un patrón de iluminancia circular

• Tipo VS: Produce un patrón de iluminancia casi simétricamente cuadrado

FIGURA 8.2 | ÁNGULOS DE HAZ Y DE CAMPO

Ángulos de haz y de campo indicados en un gráfico polar de una distribución de intensidad. El ángulo de campo está a 0,10 de intensidad máxima y el ángulo de haz está a 0,50 de intensidad máxima.

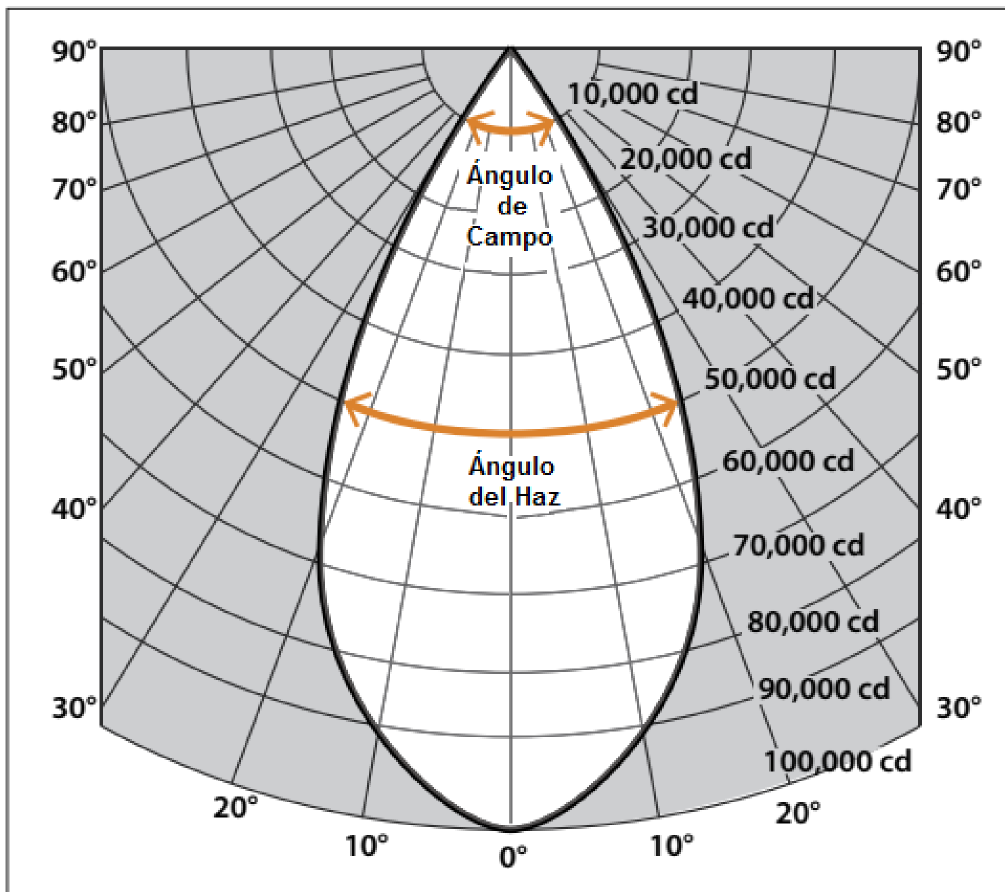
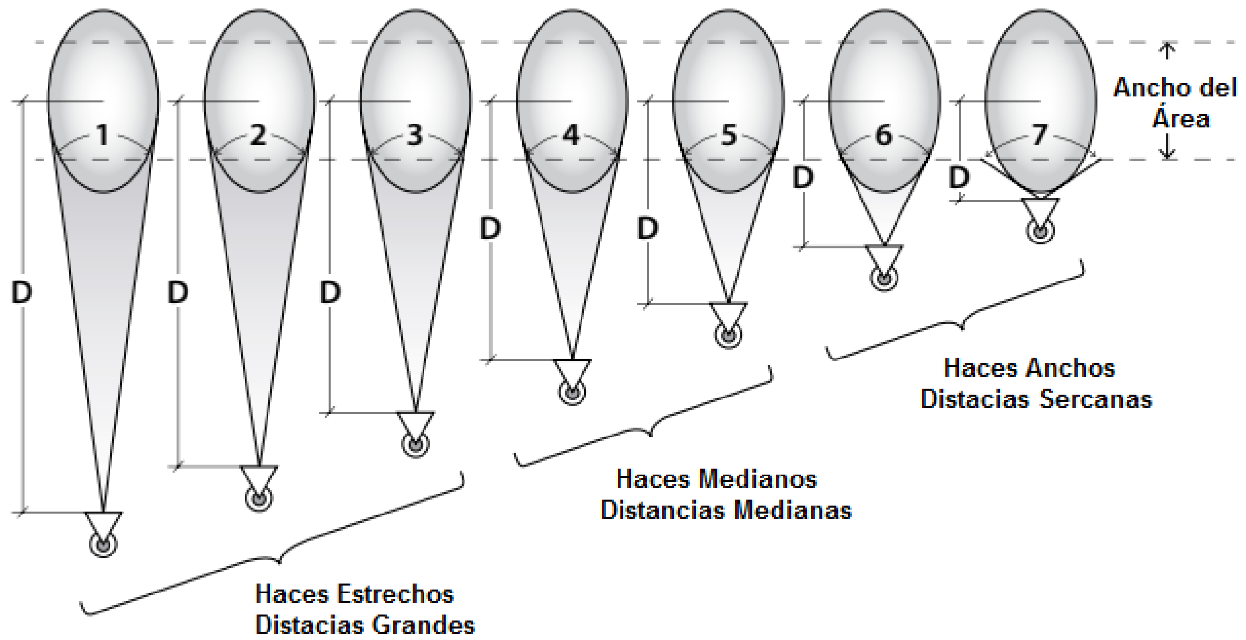


Figura 8.3 | Sistema de clasificación de luminarias deportivas NEMA

Diagrama de las proyecciones de los haces de luminarias en el sistema de especificación de ángulo de campo NEMA.



Tipo de Haz	Rango del Ángulo de Campo (grados)	Distancia de Proyección (D)
1	10 a 18	240 ft y más
2	> 18 a 29	200 a 240 ft
3	> 29 a 46	175 a 200 ft
4	> 46 a 70	145 a 175 ft
5	> 70 a 100	105 a 145 ft
6	> 100 a 130	80 a 105 ft
7	> 130 y más	Menos de 80 ft

8.2.2.5 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS IES PARA LUMINARIAS DE EXTERIOR

El sistema de clasificación de luminarias IES (LCS) se basa en la distribución de lúmenes dentro de los ángulos sólidos de una distribución de luminarias que son de interés específico en aplicaciones de exterior. [3]. Estas clasificaciones están destinadas a utilizarse junto con la clasificación de distribución IES definida anteriormente. El LCS reemplaza las clasificaciones de corte anteriores de IES de corte completo, corte, semicorte y sin corte [4]. Este sistema se basa en la fracción de lúmenes de luminarias o lúmenes de lámparas que se distribuyen en tres ángulos sólidos primarios. Estos ángulos sólidos son piezas de los 4π completos del ángulo sólido alrededor de la luminaria. Cada uno de estos tres ángulos sólidos primarios se divide en ángulos sólidos secundarios, como se muestra en las Figuras 8.5 a 8.8. También se calculan las fracciones de lúmenes de luminarias o lámparas que contienen estos ángulos sólidos secundarios. Las luminarias se pueden categorizar, evaluar y comparar en función de las fracciones de lúmenes de luminarias o lámparas que están contenidas en los diversos ángulos sólidos.

FIGURA 8.4 | SISTEMA IES DE CLASIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDAD DE LUMINARIAS PARA EXTERIORES

Clasificaciones de luminarias para exteriores IES y los patrones de iluminancia aproximados que representan.

Tipo	Descripción	Vista Superior
Tipo I	Estrecha, patrón de iluminancia simétrico	
Tipo II	Patrón de iluminancia ligeramente más ancho y asimétrico que el Tipo I	
Tipo III	Patrón de iluminancia amplio y asimétrico	
Tipo IV	Patrón de iluminancia asimétrico de tiro hacia adelante	
Tipo V	Patrón de iluminancia circular simétrica	
Tipo VS	Patrón de iluminancia simétrico, casi cuadrado	

FIGURA 8.5 | SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS ÁNGULOS SÓLIDOS

Los principales ángulos sólidos del sistema de clasificación de luminarias para determinar la luz ascendente, la luz delantera y la luz trasera de una luminaria.

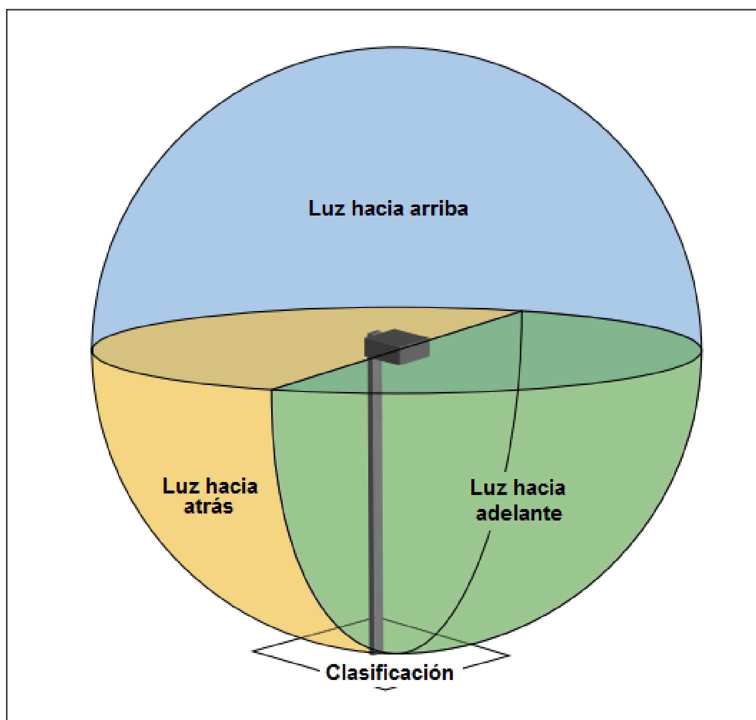


FIGURA 8.6 | EXTENSIONES DE ÁNGULO SÓLIDO HACIA ATRÁS

Las subsecciones del ángulo sólido hacia atrás en el sistema de clasificación de luminarias, que van desde BL bajo hasta BL muy alto. Tenga en cuenta que los tamaños angulares de las subsecciones no son uniformes.

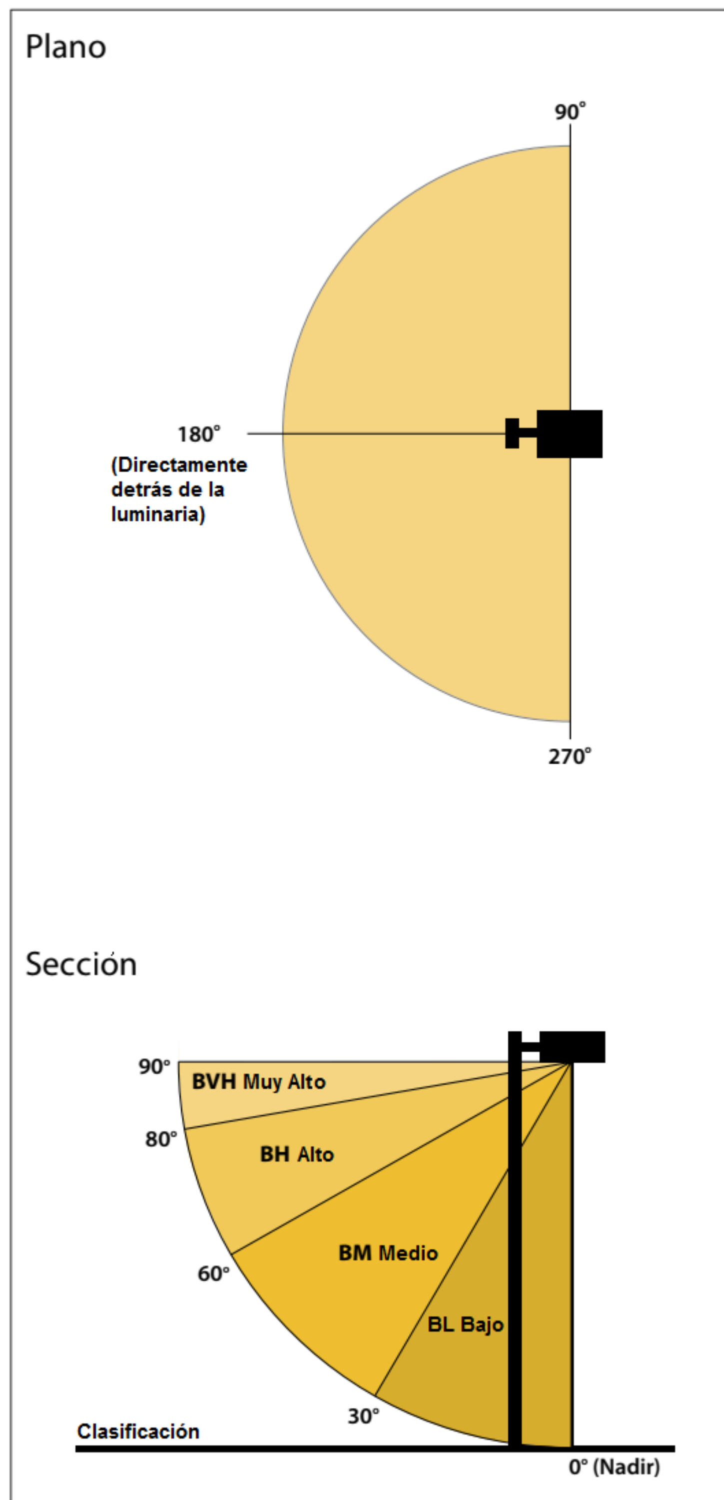


FIGURA 8.7 | EXTENSIONES DE ÁNGULO SÓLIDO DELANTERO

Las subsecciones del ángulo sólido de luz delantera en el sistema de clasificación de luminarias, que van desde FL bajo hasta FL muy alto. Tenga en cuenta que los tamaños angulares de las subsecciones no son uniformes.

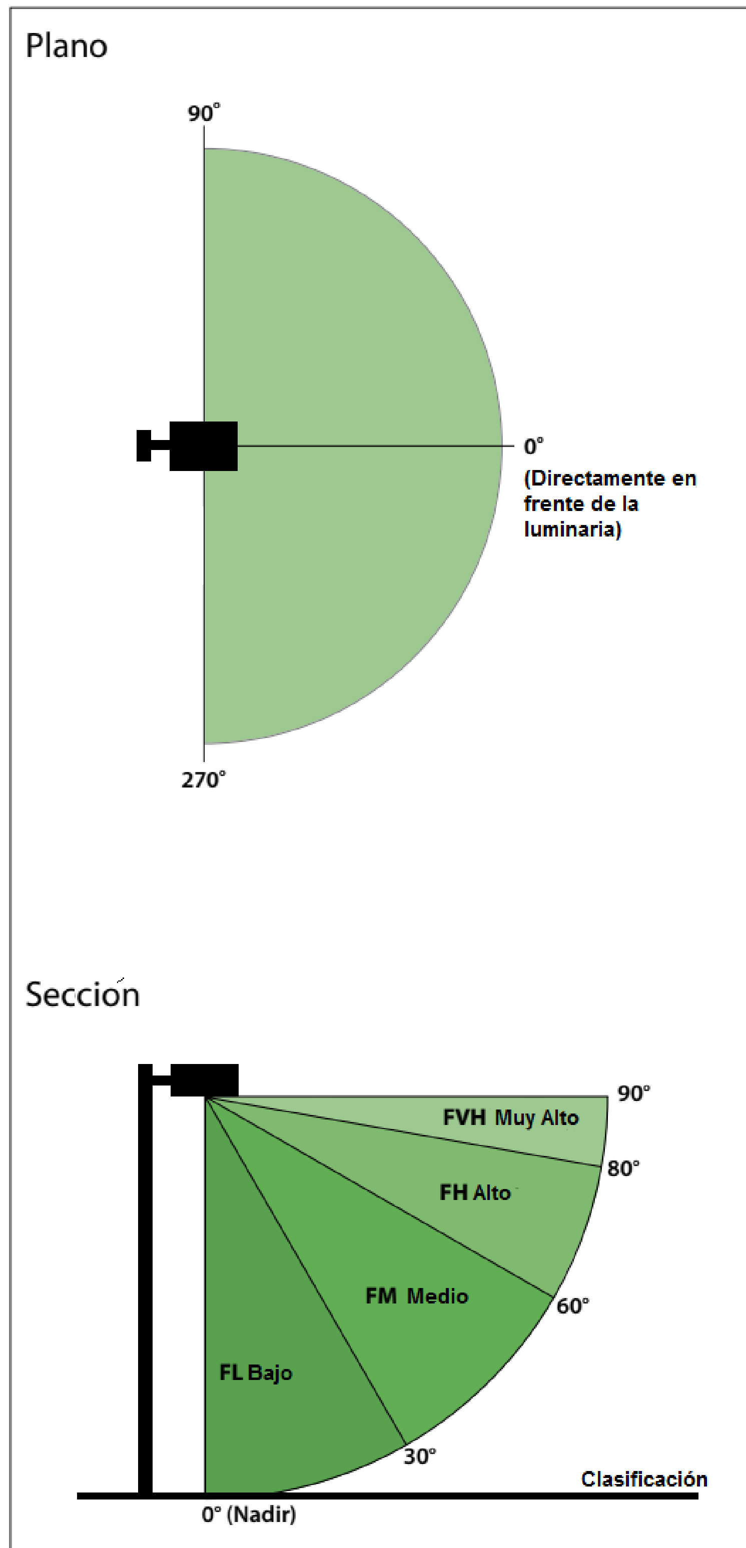


FIGURA 8.8 | EXTENSIONES DE ÁNGULO SÓLIDO HACIA ARRIBA

Las dos subsecciones del ángulo sólido hacia arriba en el sistema de clasificación de luminarias, que van desde UL bajo hasta HL alto

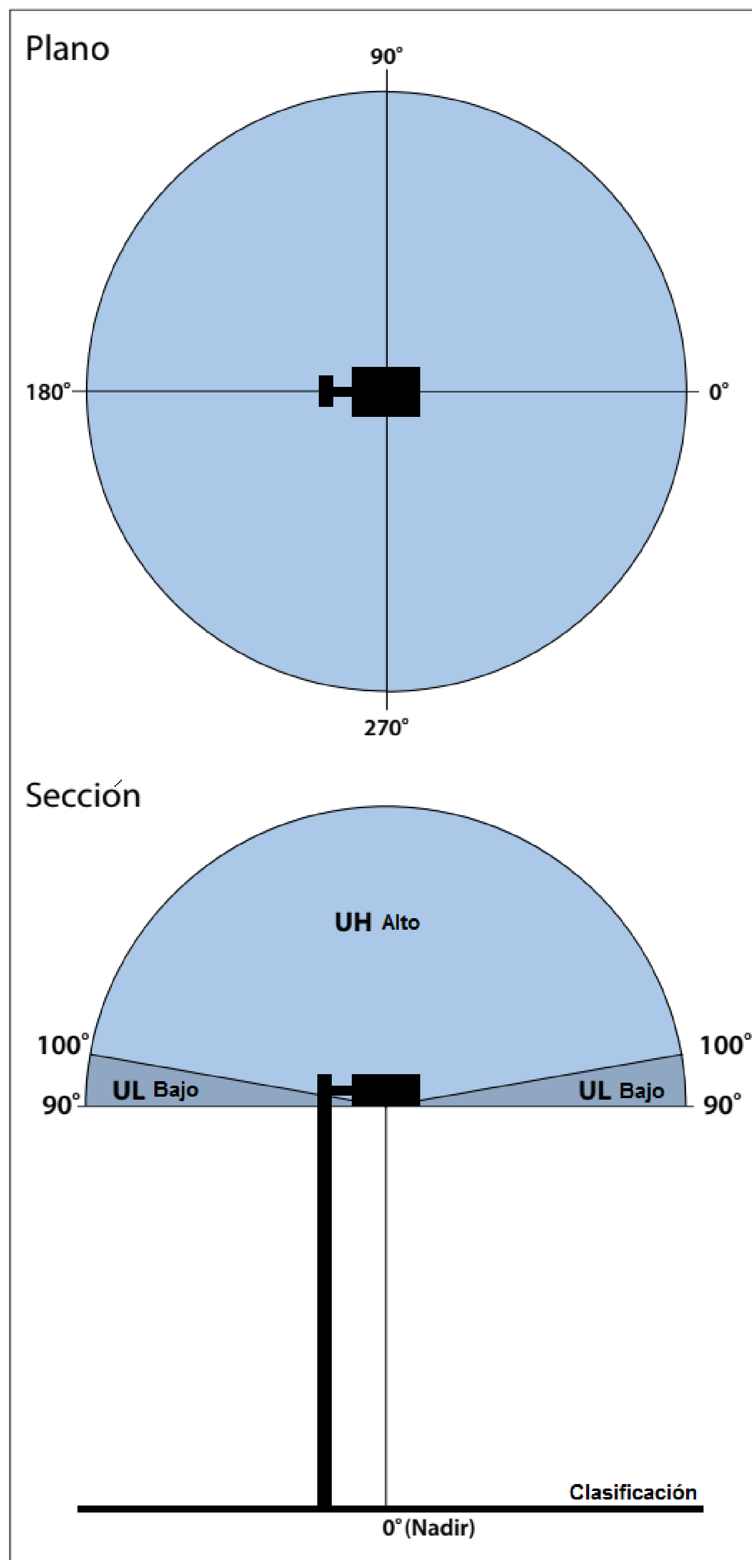


Tabla 8.1 | Clasificaciones de Retroiluminación Para cada clasificación (B0-B5), se muestran los lúmenes máximos para cada ángulo sólido secundario involucrado

Ángulo Sólido Secundario	B0	B1	B2	B3	B4	B5
BH	110	500	1000	2500	5000	>5000
BM	220	1000	2500	5000	8500	>8500
BL	110	500	1000	2500	5000	>5000

Cuadro 8.2 | Clasificaciones de luz ascendente Para cada clasificación (U0-U5), se muestran los lúmenes máximos para cada ángulo sólido secundario involucrado

Ángulo Sólido Secundario	U0	U1	U2	U3	U4	U5
UH	0	10	100	500	1000	>1000
UM	0	10	100	500	1000	>1000
FVH	10	75	150	>150		
BVH	10	75	150	>150		

Cuadro 8.3 | Clasificaciones de deslumbramiento, tipos 1, II, III y IV Para cada clasificación (G0-G5), se muestran los lúmenes máximos para cada ángulo sólido secundario involucrado

Ángulo Sólido Secundario	G0	G1	G2	G3	G4	G5
FVH	10	250	375	500	750	>750
BVH	10	250	375	500	750	>750
FH	660	1800	5000	7500	12000	>12000
BH	100	500	1000	2500	5000	>5000

Tabla 8.4 | Clasificaciones de deslumbramiento, tipos V y Vs Para cada clasificación (G0-G5), se muestran los lúmenes máximos para cada ángulo sólido secundario involucrado

Ángulo Sólido Secundario	G0	G1	G2	G3	G4	G5
FVH	10	250	75	500	750	>750
BVH	10	250	375	500	750	>750
FH	660	1800	5000	7500	12000	>12000
BH	660	2800	5000	7500	12000	>12000

8.2.2.6 CLASIFICACIÓN AMBIENTAL EXTERIOR

El potencial de traspaso de luz, brillo del cielo y brillo de ángulo alto de una luminaria se evalúa y clasifica utilizando el LCS descrito anteriormente. En estas evaluaciones, los lúmenes de la luminaria en los ángulos sólidos de retroiluminación, luz ascendente y deslumbramiento (BUG) y los ángulos sólidos secundarios se utilizan para clasificar las características ambientales exteriores de una luminaria. Los límites de lúmenes en cada ángulo sólido secundario establecen una clasificación BUG para la luminaria. Las calificaciones B, U y G van desde 0, la más limitante, hasta 5, la más indulgente. Las tablas 8.1 a 8.4 muestran los ángulos sólidos secundarios y los límites de lúmenes correspondientes para cada uno de los diversos componentes de una clasificación BUG.

8.3 TIPOS DE LUMINARIAS

Esta sección ofrece una descripción general de los diferentes tipos de luminarias, incluidas las características de rendimiento, las aplicaciones típicas y las imágenes. La Tabla 8.5 ilustra una variedad de luminarias con algunos componentes y características notables identificados.

8.3.1 LUMINARIAS COMERCIALES Y RESIDENCIALES

8.3.1.1 LUMINARIAS PORTÁTILES

Estas son luminarias completamente autónomas diseñadas para moverse y colocarse cerca de la tarea o superficie a iluminar. Tienen un enchufe y una conexión de salida a la energía eléctrica y generalmente contienen interruptores y/o atenuación integrales. Suelen contener lámparas de filamento de bajo voltaje, halógenas de tungsteno o fluorescentes compactas.

Ejemplos de luminarias portátiles son:

• Luminarias de suelo y de mesa que utilizan lámparas de incandescencia

• Luminarias de escritorio que utilizan lámparas de incandescencia o fluorescentes compactas, o LED

• Luminarias de montaje en mamparas que utilizan lámparas fluorescentes compactas

8.3.1.2 MONTADAS EN MUEBLES

Fijadas permanentemente a muebles u otra superficie de equipo, estas luminarias están diseñadas para estar muy cerca de la tarea y producir iluminación localizada.

Ejemplos de luminarias montadas en muebles son:

• Luminaria para cubículos de oficina debajo del gabinete que usa lámparas fluorescentes

• Luminarias montadas en particiones que usan lámparas fluorescentes compactas o LED

8.3.1.3 DOWNLIGHTS EMPOTRADOS O MONTADOS EN SUPERFICIE

Estas son luminarias de propósito general diseñadas para proporcionar iluminación general o ambiental en un espacio en un piso o plano de trabajo. Ciertos tipos tienen distribuciones de intensidad luminosa concentrada diseñadas para el acentuamiento luminoso. Cuando están empotrados en el techo, tienen aberturas luminosas de varias formas. A menudo es necesario aumentar estas luminarias con otros tipos que aumentarán las luminancias de las paredes y agregarán iluminación vertical al espacio. Los downlights utilizan lámparas fluorescentes compactas o de filamento, o LED, y a menudo se agrupan por tamaño y forma de apertura. El control óptico a menudo lo proporciona la lámpara o los reflectores. Los downlights que usan lámparas de halogenuros metálicos pueden requerir lámparas de clasificación abierta que estén protegidas con recintos de tubo de arco para evitar que los componentes de la lámpara se caigan de la luminaria [5]. Ejemplos de luminarias downlight son:

• Downlight empotrable con lámpara fluorescente compacta. Estas unidades suelen tener aperturas modestas y pueden exhibir luminancias muy bajas en ángulos de visión altos.

• Downlight de superficie para lámpara de incandescencia con laterales opacos.

• Downlight LED con cámara integradora difusa.

8.3.1.4 TROFFERS EMPOTRADOS O MONTADOS EN SUPERFICIE

Son luminarias de propósito general diseñadas para proporcionar iluminación general o ambiental en un espacio en un piso o plano de trabajo, pero pueden tener distribuciones para iluminar superficies verticales también. Cuando están empotradas en el techo tienen aberturas luminosas que casi siempre son rectangulares. Estas luminarias suelen estar equipadas con una lente lenticular prismática o un conjunto de persianas para proporcionar control óptico. Las versiones montadas en superficie pueden tener lados abiertos o lentes que envuelven los lados y brindan una cantidad significativa de luz al techo. El control óptico lo proporcionan lentes prismáticos lenticulares o persianas reflectantes especulares de plástico o metal aluminizado.

Ejemplos de luminarias troffer de empotrar o de superficie son:

• Troffer de lámparas fluorescentes de empotrar. Estas unidades usan lámparas fluorescentes grandes y por lo general están empotradas en un sistema de cielorraso de losetas acústicas suspendidas.

• Troffer LED empotrable. Estas unidades usan líneas de LED y están empotradas en un sistema de cielorraso acústico suspendido.

• Troffer de lámpara fluorescente warp-around (deformada) de montaje en superficie.

8.3.1.5 BAÑADORES DE PARED

Se utilizan para producir una distribución de iluminancia/luminancia en una pared que, aunque no necesariamente uniforme, generalmente cambia gradualmente desde valores altos en la parte superior de la pared hasta valores más bajos en la pared. Muchas luminarias bañadoras de pared están diseñadas para lograr una relación de iluminancia desde la parte superior a la parte inferior de la pared de 10:1 o menos. Las luminarias de bañador de pared se pueden empotrar o montar en superficie. Las luminarias de bañador de pared que utilizan lámparas relativamente pequeñas, como lámparas de filamento o fluorescentes compactas, o LED, tienen aberturas relativamente pequeñas y están espaciadas a distancias adecuadas a lo largo de la pared iluminada. El control óptico en estas luminarias lo proporcionan reflectores y

refractores. Las luminarias de bañador de pared que utilizan lámparas fluorescentes lineales tienen aberturas relativamente largas y normalmente se montan de forma continua a lo largo de la pared iluminada. Ejemplos de luminarias bañadoras de pared son:

• Bañador de pared fluorescente lineal. Estas luminarias suelen tener un reflector que permite colocarlas cerca de la pared, cuando se requiera. Hay disponibles modelos empotrados o montados en la superficie.

• Lámpara fluorescente compacta, lámpara de incandescencia o bañador de pared LED. Estas son unidades pequeñas que, si están empotradas, tienen una apertura modesta y, por lo tanto, pueden aparecer como otras luces descendentes en el espacio. También se pueden montar en superficie.

8.3.1.6 ACENTUACIÓN

Estas luminarias están diseñadas para producir patrones de luz que refuerzan la intención del diseño con respecto a la estética y el entorno psicológico o son en sí mismas ornamentales. Acentuación de ilustraciones, detalles y características. Las luminarias de acentuación para este tipo pueden ser empotradas en el techo o montadas en la superficie, montadas en la pared o suspendidas de colgantes. Estas luminarias de acento a veces están equipadas con lentes para difundir o concentrar el haz de la lámpara, las llamadas puertas de granero y snoots para limitar el haz, filtros de color y ultravioleta/infrarrojo, gobos para producir patrones y difusores. Ejemplos de este tipo de luminaria de acento son:

• Luminarias de acentuación montadas en el techo que utilizan lámparas de filamento, fluorescentes compactas o de halogenuros metálicos de bajo voltaje, o LED. Las lámparas son orientables o fijas.

• Luminarias de acento montadas en suspensión que utilizan LED con control de cambio de color y atenuación.

ACENTUACIÓN DECORATIVA

Estas luminarias de acentuación no sólo producen un patrón de iluminación, sino que también son decorativas y, a menudo, tienen un cuerpo luminoso. Dado que a menudo se montan bajo, a menudo están en el campo de visión y, por lo tanto, el diseñador debe ser consciente del potencial de deslumbramiento. Los apliques con protectores translúcidos, que varían en tamaño o forma, a menudo se usan para iluminar pasillos, escaleras y superficies alrededor de puertas y espejos. Ejemplos de este tipo de luminarias de acento decorativas son:

• Apliques y otras luminarias de acentuación montadas en la pared que utilizan lámparas fluorescentes compactas o de filamento, o LED.

• Downlights decorativos de empotrar en el techo con embellecedor luminoso.

8.3.1.7 DOWNLIGHTS (Luz abajo) Y UPLIGHTS (Luz arriba) MONTADOS EN LA PARED

Las luminarias montadas en la pared con protección opaca ocultan completamente la fuente desde los ángulos de visión normales y tienen una distribución de luz fuertemente direccional. Las luminarias Downlight a veces se montan en la pared y se usan para iluminación de acento y exhibición, mientras que las luminarias Uplight se pueden usar para iluminación indirecta general. La medida en que las luminarias montadas en la pared sobresalen de la pared a menudo está sujeta a restricciones de código, como la Ley de Estadounidenses con Discapacidades [6]. Ejemplos de luminarias montadas en la pared son:

• Aplique de pared con una lámpara fluorescente compacta o LED

• Luminaria halógena de tungsteno para iluminar arte montado en la pared.

8.3.1.8 CARRIL (RIELES ENERGIZADOS)

Se refiere a un sistema que incluye luminarias pequeñas y un riel o riel que está diseñado para ambos proporcionan montaje y entregan energía eléctrica. La pista generalmente está hecha de aluminio extruido lineal, que contiene cables de cobre para formar una canalización eléctrica continua. Algunas variedades se pueden unir o cortar, y otras se pueden colocar en una variedad de patrones con conectores. El riel está disponible en línea de voltaje o bajo voltaje, con transformadores remotos disponibles para el equipo de bajo voltaje. Los sistemas de riel de voltaje de línea están equipados con luminarias que usan lámparas de voltaje de línea o están equipados con transformadores integrales en cada luminaria. La vía de bajo voltaje utiliza energía remota para proporcionar energía de bajo voltaje a lo largo de toda la vía.

El riel se puede montar en la superficie del techo o cerca de ella, empotrado en el techo con una carcasa especial o clips, o montado en vástagos en áreas con techos altos. También se puede utilizar horizontal o verticalmente en paredes. Puede estar cableado en un extremo o en cualquier lugar a lo largo de su longitud. Se puede agregar flexibilidad si se utiliza un conjunto de cable y enchufe en lugar de cableado fijo para suministrar energía. Hay disponible una variedad de luminarias montadas en rieles ajustables para acoplarlas en cualquier punto a lo largo del riel. Estas luminarias vienen en muchas formas y estilos, y albergan una gran variedad de lámparas y LED, incluidas las de línea y de bajo voltaje. Además, una serie de luminarias están diseñadas para crear efectos especiales para aplicaciones decorativas. Las luminarias de riel están disponibles para utilizar lámparas de filamento, fluorescentes compactas o de halogenuros metálicos, LED o una variedad de lámparas de sodio de alta presión con alto CRI.

8.3.1.9 INDIRECTA PUNTUAL

Estas luminarias están diseñadas para proporcionar iluminación general o ambiental iluminando el techo con lámparas fluorescentes compactas o de halogenuros metálicos, o LED. Cuando es necesario, el control óptico lo proporcionan los reflectores que ayudan a producir una distribución amplia para que las luminarias puedan montarse cerca del techo. Los colgantes o el cable generalmente suspenden estas luminarias, pero algunos tipos se montan en postes desde el piso. Las luminarias indirectas puntuales también se pueden montar en las paredes formando un sistema de iluminación perimetral.

8.3.1.10 LINEAL INDIRECTA

Estas luminarias están diseñadas para utilizar lámparas fluorescentes lineales o biaxiales o LED para proporcionar iluminación general o ambiental iluminando el techo. Cuando es necesario, el control óptico por reflectores produce distribuciones amplias y permite distancias de suspensión cortas y espaciamientos amplios. Estas luminarias pueden suspenderse del techo mediante colgantes o cable, o en el caso de vanos modestos, montarse por sus extremos. Las luminarias indirectas lineales también se pueden montar en las paredes formando un sistema de iluminación perimetral. Los indirectos lineales suspendidos suelen tener una distribución de intensidad luminosa que es simétrica con respecto al eje de las lámparas, los indirectos lineales montados en la pared suelen tener una distribución simétrica bilateral.

8.3.1.11 DIRECTO-INDIRECTO LINEAL

Son similares a los indirectos suspendidos, pero proporcionan algo de luz dirigida hacia abajo, cambiando así el modelado de los objetos; es decir, la sombra y los reflejos con el espacio.

8.3.1.12 ENSENADA

Estas luminarias están diseñadas para ser colocadas en una ensenada arquitectónica o para tener una forma tal que cuando se montan en la pared su alojamiento proporcione una ensenada y su efecto de iluminación. La forma más simple de esta luminaria es una tira de luz fluorescente, que proporciona balasto y portalámparas. Las formas más elaboradas proporcionan reflectores para controlar la luminancia cerca de la pared y del techo.

8.3.2 LUMINARIAS INDUSTRIALES

8.3.2.1 FLUORESCENTE LINEAL

Estas luminarias suelen estar diseñadas para lámparas fluorescentes de alto rendimiento, y el reflector suele ser parte de la carcasa. Un refractor o lente es poco común. Estas luminarias están diseñadas para minimizar la acumulación de suciedad proporcionando convección, o en áreas con grandes cantidades de partículas en el aire, se utilizan cubiertas herméticas al polvo. Los difusores con juntas se utilizan a menudo en lugares húmedos.

8.3.2.2 TIRAS DE LUZ

Estas luminarias tienen una o más lámparas fluorescentes montadas en una pequeña carcasa lo suficientemente grande como para albergar balastos y casquillos. Los reflectores son poco comunes ya que estas luminarias se utilizan en áreas donde se requiere una gran cantidad de iluminación general difusa y la eficiencia y el presupuesto son una preocupación. Ver | 30 ILUMINACIÓN PARA LA FABRICACIÓN para una discusión sobre la iluminación de mala calidad potencial proporcionada por estas luminarias.

8.3.2.3 HIGH BAY

Estas luminarias usan lámparas HID para producir iluminación general en un área industrial. Son para aplicaciones con relaciones de espacio a altura de montaje de hasta 1,0. Se montan en superficie o colgantes, dependiendo de la estructura y apertura del área. Estas luminarias usan reflectores y refractores para producir distribuciones de intensidad luminosa que varían de estrechas a anchas, dependiendo de la aplicación y la necesidad de iluminancia vertical. En entornos industriales más limpios, las lámparas fluorescentes compactas y lineales de alto rendimiento se utilizan en luminarias abiertas de gran altura con reflectores especulares para el control óptico. Otros entornos a menudo requieren una luminaria cerrada y el uso de lámparas HID con refractores prismáticos para el control óptico.

8.3.2.4 LOW BAY

Estas luminarias usan lámparas HID para producir iluminación general en un área industrial. Son para aplicaciones con relaciones de espacio a altura de montaje superiores a 1,0. Al igual que con las luminarias de gran altura, se montan en superficie o colgantes. Estas luminarias suelen tener amplias distribuciones de intensidad luminosa para proporcionar mayores iluminancias horizontales y verticales en áreas con alturas de techo restringidas. Las lámparas HID y fluorescentes compactas se utilizan a menudo en luminarias Low Bay.

8.3.3 LUMINARIAS EXTERIORES

8.3.3.1 ALUMBRADO DE CALLES, CAMINOS Y ESTACIONAMIENTOS

CALLES Y CALZADAS

Estas luminarias están diseñadas para producir una iluminación razonablemente uniforme en calles y calzadas. Suelen estar montados sobre brazos en un poste. Todos los tipos de lámparas HID se utilizan en luminarias de calles y calzadas, así como LED. Las lámparas de sodio de baja presión son poco comunes. Los reflectores y refractores se utilizan para producir los diversos tipos de distribuciones de intensidad luminosa requeridas en estas aplicaciones cuando se utilizan lámparas de descarga. Las luminarias LED de este tipo no requieren necesariamente un control óptico adicional más allá de la estrecha direccionalidad de la luz emitida por el LED. Las distribuciones amplias permiten una gran distancia entre postes, pero pueden ser más propensas a la incomodidad y al deslumbramiento debido a la intensidad luminosa de ángulo alto. La iluminancia horizontal mínima y la uniformidad de la iluminancia horizontal son criterios de diseño típicos. Por este motivo, las distribuciones de intensidad luminosa pueden tener valores máximos en ángulos superiores a 75° desde el nadir.

Las luminarias con refractores ovalados o de plato caído se utilizan con frecuencia en aplicaciones viales con lámparas de descarga. Debido a su apariencia, estas luminarias se conocen como luminarias de "cabeza de cobra". Los postes para aplicaciones en carreteras generalmente se montan bien alejados del borde de la carretera para evitar daños tanto a la luminaria como al tráfico que se aproxima. La iluminación de caminos y terrenos a menudo se logra con bolardos. Estas luminarias se montan en el suelo y tienen la forma de un poste corto y grueso similar al que se encuentra en un barco o muelle; de ahí el nombre. Los componentes ópticos suelen estar en la parte superior, produciendo un área iluminada en las inmediaciones. Los bolardos se utilizan para iluminación localizada. Su tamaño es apropiado para la escala arquitectónica de las pasarelas y otras áreas peatonales. Las luminarias pequeñas de corte nítido también se utilizan en postes pequeños para proporcionar iluminación de caminos. Adicionalmente, se utilizan luminarias para la iluminación de escaleras y rampas exteriores. Estos se pueden montar en postes o empotrados en la estructura cerca de las escaleras o la rampa.

ESTACIONAMIENTOS Y GARAJES

La iluminación de estacionamientos a menudo utiliza luminarias de corte con lentes de fondo plano. Estas luminarias están montadas en brazos cortos y pueden disponerse en configuraciones sencillas, gemelas o cuádruples. Se utilizan distribuciones de intensidad simétricas y asimétricas y configuraciones de montaje para proporcionar la flexibilidad necesaria en la colocación de postes para estacionamientos. Las luminarias montadas en la pared se utilizan a menudo para pequeños estacionamientos inmediatamente adyacentes a un edificio o en estructuras de estacionamiento. A menudo denominados "paquetes de pared", las luminarias montadas en la pared tienen una distribución simétrica bilateral necesaria para iluminar estacionamientos adyacentes. Existe un potencial significativo de deslumbramiento y contaminación lumínica con estas luminarias. El control óptico adicional suele estar disponible para luminarias montadas en la pared para limitar el deslumbramiento directo y el traspaso de luz. Las luminarias montadas en superficie en estructuras de estacionamiento se montan en paredes o techos y están diseñadas para producir una cantidad considerable de luz interreflejada en la estructura.

8.3.3.2 ILUMINACIÓN DEPORTIVA

Algunas luminarias de iluminación deportiva tienen distribuciones de intensidad luminosa muy estrechas y, por lo general, se montan a un lado y muy por encima del área de juego. Otros tienen distribuciones medias y corte agudo y se montan sobre o al costado del área de juego en aplicaciones de interior. Las lámparas de halogenuros metálicos son comunes para las luminarias de iluminación deportiva. Los reflectores se utilizan para producir la distribución de intensidad luminosa requerida. El uso de luminarias de distribución de intensidad estrecha casi siempre requiere un diseño cuidadoso para garantizar la superposición adecuada de los haces, así como las iluminancias horizontales y verticales adecuadas. Dado que la orientación es una parte fundamental de su aplicación, estas luminarias suelen estar provistas de dispositivos especiales de orientación y bloqueo. Las luminarias de iluminación para deportes de interior que utilizan lámparas de halogenuros metálicos pueden requerir lámparas con recintos de tubo de arco para evitar que los componentes de la lámpara se caigan de la luminaria [5]. Además, a menudo se requieren persianas y viseras para controlar el deslumbramiento. Las luminarias de iluminación deportiva generalmente se clasifican utilizando la designación de ángulo de campo NEMA. Se utilizan siete categorías, desde muy estrechas hasta muy anchas, para describir la distribución de la intensidad luminosa de estas luminarias. Ver 8.2.2.3 Clasificación NEMA.

8.3.3.3 ILUMINACIÓN POR PROYECCIÓN

Estas luminarias se utilizan a menudo para la iluminación de edificios y otras aplicaciones especiales. Estas aplicaciones pueden requerir distribuciones de intensidad luminosa que van desde muy estrechas a muy amplias, según el tamaño angular del objeto que se ilumina y el efecto que se desea lograr. Las distribuciones de intensidad luminosa no suelen ser simétricas. La mayoría de los tipos de lámparas HID y LED se utilizan en luminarias reflectoras.

La iluminación de edificios exteriores utiliza luminarias con distribuciones estrechas y anchas, según la parte del edificio que se ilumina y su distancia desde la ubicación de montaje de la luminaria. La iluminación de columna, la iluminación de acento y las ubicaciones de montaje distantes requieren distribuciones estrechas. La iluminación de grandes áreas con lugares de montaje cercanos requiere distribuciones muy amplias. Las luminarias de reflector a menudo tienen distribuciones de intensidad luminosa que producen un patrón de iluminancia que se aproxima a un cuadrado o rectangular.

8.3.4 LUMINARIAS DE SALIDA Y DE EMERGENCIA

Las luminarias de iluminación de emergencia están diseñadas para proporcionar suficiente luz para la salida en situaciones de emergencia o cuando falla la energía normal. Por lo general, funcionan con energía proporcionada por baterías o son alimentados por generadores y cableado de iluminación de emergencia. En condiciones normales, las baterías se cargan continuamente desde el voltaje de la línea. Las luces de las señales de salida normalmente están encendidas y contienen un circuito que las hace funcionar con la energía de la batería siempre que no haya voltaje de línea presente. Las luminarias de salida ayudan a los ocupantes del edificio a identificar las direcciones hacia una salida. Se pueden considerar un tipo de señalización luminosa que es útil en condiciones normales, pero está diseñada para brindar ayuda crítica en situaciones emergentes. Al igual que las luminarias de alumbrado de emergencia, las luminarias de salida a menudo funcionan con baterías. Las lámparas fluorescentes compactas y los diodos emisores de luz son luminarias de salida comunes.

8.3.5 SEGURIDAD

Las luminarias de seguridad suelen ser luminarias para exteriores diseñadas para ayudar a proteger visualmente un área. Esto puede significar proporcionar suficiente iluminación para la vigilancia visual o la vigilancia con cámaras de seguridad.

Estas luminarias generalmente se montan en lugares inaccesibles y tienen una carcasa y lentes particularmente fuertes para ayudar a que sean a prueba de vandalismo.

8.3.6 PAISAJISMO

Las luminarias de paisajismo están diseñadas para su uso en exteriores para iluminar edificios, plantas, elementos acuáticos y pasarelas [7]. Se puede montar en el suelo, en postes, en árboles o bajo el agua. Por lo general, tienen una carcasa especial, juntas, lentes y hardware de cableado eléctrico que protege contra los efectos del agua y la corrosión.

8.3.7 APLICACIONES ESPECIALES

Algunas aplicaciones son únicas, con requisitos fotométricos poco comunes o condiciones ambientales inusuales que requieren luminarias muy especiales. Este tipo de equipo de iluminación generalmente lo proporcionan fabricantes especializados y a menudo, se personaliza. Ejemplos de luminarias para aplicaciones especiales son:

• Luminarias de cirugía montadas en el techo en un quirófano de hospital para producir una iluminancia espectralmente limitada de 10.000 lux en el sitio de operación del paciente [8].

• Luminarias de tubo de luz que utilizan lámparas remotas de halogenuros metálicos en un entorno industrial con gases explosivos o como complemento de un sistema de suministro de luz diurna [9].

8.3.8 LUMINARIAS PERSONALIZADAS

En algunos casos, un proyecto requiere luminarias que no están disponibles como existencias y deben fabricarse especialmente. Es posible que se requieran luminarias personalizadas por razones de estética, tamaño, requisitos especiales de iluminación, montaje de aplicaciones inusuales o equipos de iluminación históricos compatibles en proyectos de renovación o restauración [10].

Tabla 8.5/ Ejemplos de Varios Tipos de Luminarias

Variedad de Luminaria	Ejemplo	Algunos Componentes de Interés y Características
Embutida Downlight: Haluro Metálico Abertura Directa	» Imagen ©Acuity Brands	Disipador de calor Protector térmico Caja del balasto Marco embellecedor de luminaria
Embutida Downlight: LED con Lente Directo	» Imagen ©Edison Price Lighting, Inc.	Disipador de calor Garganta de techo (para acomodar ciertos tipos y espesores de techo) Reflector de aluminio anodizado transparente semiespecular y brida embellecedora
Embutida Downlight: CFL de Abertura Directa	» Imagen ©Acuity Brands	Rieles de montaje ajustables Caja de conexiones con agujeros ciegos
Recessed Linear: Linear Fluorescent Louvered Direct	» Imagen ©US Energy Sciences	Carcasa de acero formado Cámara de lámpara y reflector con compartimento accesible al balasto Persianas parabólicas de aluminio anodizado mate y para mantenimiento Pestillos para acceder a la persiana con bisagras para limpieza y mantenimiento
Embutidas Lineales: de Ranura en pared, Fluorescente Lineal de Abertura Directa	» Imagen ©Litecontrol	Compartimento de cableado con orificios ciegos para conectar varias luminarias Montaje del compartimento de cableado y reflector en el riel de montaje en la pared El acabado de la pared continúa hasta la ranura para lograr un aspecto "infinito" Reflector abierto de tornillos de palometa con bisagras para acceder al cableado y al balasto El protector de la lámpara gira hacia abajo para cambiar la lámpara
Embutida Luminaria: 2x2 LED con Lente Directo	» Imagen ©Litecontrol	Carcasa de acero formado Conector de control para un cómodo control y puesta en marcha LED ordenados según sea necesario para la salida de luz y la distribución óptica Lente inferior (visible en corte) para distribución y control del deslumbramiento Regresión profunda surcada

Tabla 8.5 | Ejemplos de los principales tipos de luminarias y sus componentes continúa en la página siguiente

Tabla 8.5/ Ejemplos de Varias Luminarias continuación de la página anterior

Variedad de Luminaria	Ejemplo	Algunos Componentes Principales y Características
Luminarias de Riel: Halógena IR MR16 Ajustable y Wallwasher (Lava muros)		Electroducto de aluminio extruido de dos circuitos Transformador de bajo voltaje integrado al accesorio del electroducto (no visible) Yugo giratorio que se puede bloquear después de apuntar Carcasa integral para limitar la luz dispersa y el deslumbramiento Mecanismo de inclinación que se puede bloquear después de apuntar Versión de carcasa de lavado de pared » Imagen ©Edison Price
Luminaria Colgante: LED Directo Lineal con Lente		Cables o vástagos de avión (no se muestran) montados en el techo La carcasa de aluminio extruido estriado actúa como disipador de calor LED dispuestos según sea necesario para la salida de luz y la distribución óptica El inserto del reflector optimiza la eficiencia y facilita el reemplazo futuro Lente inferior (corte visible) para distribución y control del deslumbramiento » Imagen ©Litecontrol
Luminaria Colgante: Directa Haluro Metálico Refractor Prismático (Cono alto y cono bajo) (high bay/ low bay)		Vástagos (no se muestran) montados en el cielorraso Recinto del disipador de calor de aluminio fundido a presión Refractor de vidrio de borosilicato para una distribución eficiente de la luz Protectores de cables (no se muestran) disponibles para entornos difíciles Versión de cono bajo (low bay) (para aplicaciones de cielorrasos más bajos) Versión de cono alto (high bay) (para aplicaciones de cielorrasos más altos) » Imagen ©Acuity Brands
Luminaria de Poste: Área LED con control de lente		Lado superior del compartimiento del motor de luz abierto para ventilación y autolimpieza Carcasa de aluminio fundido a presión (se muestra transparencia y corte para mayor claridad) Los diodos LED están equipados con lentes individuales moldeados con precisión para el control de la luz Los conjuntos de LED (filas) son reemplazables en terreno » Imagen ©Acuity Brands
Luminaria de Poste: ÁREA con control de Reflector de Luz		Pestillo fundido a presión a prueba de manipulaciones para el acceso Carcasa de aluminio fundido a presión Los diodos LED están equipados con reflectores de precisión y fijos para el control de la luz Los módulos ópticos LED son reemplazables en terreno Lente de fondo plano de policarbonato o vidrio templado transparente Lado superior del compartimiento del motor de la luz equipado con nervaduras de enfriamiento integrales » Imagen ©Kim Lighting
Luminaria tipo Estante: Halulo Metálico luz para Deportes		Persianas utilizadas para "atenuar" y "apagar" luminarias y controlar el deslumbramiento sin apagar la lámpara Reflector segmentado con reflector de paleta adicional para el control del haz Dispositivos de orientación y bloqueo para un ajuste preciso » Imagen ©Philips Sports North America

8.4 RENDIMIENTO DE LAS LUMINARIAS

El rendimiento de la luminaria se puede considerar como una combinación de rendimiento fotométrico, eléctrico y mecánico. El rendimiento fotométrico de una luminaria describe la eficiencia y eficacia con la que entrega la luz producida por la lámpara al objetivo deseado. Este rendimiento está determinado por las propiedades fotométricas de la lámpara, el diseño y la calidad de los componentes de control de la luz y cualquier equipo auxiliar que requiera la lámpara. La

eficacia de la luminaria está determinada por la eficacia de la lámpara y si está presente, el balasto y su interacción con la lámpara o por los LED y sus controladores.

El rendimiento fotométrico, evaluado fuera de la aplicación de una luminaria, puede no describir la eficacia final de la producción de luz en la tarea. Los informes fotométricos de las luminarias deben evaluarse en el contexto de la aplicación prevista. Por ejemplo, una luminaria con una eficiencia luminosa general alta pero con una distribución amplia puede no ser tan eficaz para iluminar una tarea como una luminaria que puede ser menos eficiente en general pero tiene una distribución de intensidad más adecuada para la aplicación: más estrecha o con una distribución sesgada un rayo, por ejemplo. En este caso, una lámpara de menor potencia y menos lúmenes totales en esta última luminaria puede lograr menor densidad de potencia lumínica total.

El rendimiento eléctrico de una luminaria describe la eficacia con la que la luminaria genera luz y el comportamiento eléctrico de cualquier equipo auxiliar como los balastos. El comportamiento eléctrico, como el factor de potencia, la distorsión de la forma de onda y varias formas de interferencia electromagnética, son propiedades de la lámpara y el balasto.

El rendimiento mecánico de una luminaria describe su comportamiento bajo estrés. Esto puede incluir temperaturas extremas, rocío de agua o humedad, choque mecánico e incendio.

8.4.1 RENDIMIENTO FOTOMÉTRICO

El rendimiento fotométrico de la luminaria se resume en un informe fotométrico. Los valores de intensidad luminosa se determinan a partir de mediciones de laboratorio y se notifican como la distribución de intensidad luminosa de la luminaria. Se realizan mediciones eléctricas y térmicas y a menudo, se notifican. Estos incluyen los vatios de entrada y el cumplimiento de los voltios de entrada y la temperatura del aire ambiente requeridos por los procedimientos estándar. Además, generalmente se informan algunas cantidades de aplicación calculadas. Estos incluyen lúmenes zonales, eficiencia y coeficientes de utilización. Ver 9 | MEDICIÓN DE LA LUZ: FOTOMETRÍA para una descripción de los procedimientos de medición y 10 Cálculo de la Luz para una descripción de los procedimientos de cálculo que producen los datos de la aplicación.

8.4.2 COMPONENTES DE LOS INFORMES FOTOMÉTRICOS DE LUMINARIAS

Los informes fotométricos de luminarias pueden consistir en cualquiera de los siguientes, según el tipo y la aplicación de la luminaria:

- Distribución de la intensidad luminosa
- Luminancia promedio en varias direcciones de visualización
- Lúmenes zonales
- Eficiencia
- Coeficientes de utilización
- Criterio de espaciado
- Evaluación del deslumbramiento

Los patrones de iluminancia superficial tienen un formato particular para reportar datos fotométricos. La figura 8.9 muestra un informe fotométrico típico y completo de una luminaria de interior: un troffer fluorescente empotrado. La Figura 8.10 muestra un informe fotométrico típico para una luminaria de exterior: una luminaria de proyección de edificios.

En la mayoría de los casos, se informa la fotometría relativa; es decir, todas las cantidades fotométricas se escalan a los lúmenes nominales de la lámpara utilizada en la luminaria. Para luminarias que utilizan fuentes LED, se debe utilizar fotometría absoluta [12]. Ver 9 | MEDIDA DE LA LUZ: FOTOMETRÍA.

8.4.2.1 DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA

La distribución de la intensidad luminosa de una luminaria especifica sus características de distribución luminosa. Las intensidades luminosas en varias direcciones se especifican en un sistema de coordenadas angulares apropiado para la luminaria y su aplicación habitual. La mayoría de las luminarias tienen distribuciones de intensidad luminosa especificadas por valores en direcciones dadas por los ángulos de elevación y acimutales (Θ,Ψ) del sistema de coordenadas esféricas. Para luminarias de interior, el origen del ángulo de elevación Θ está hacia abajo (nadir) y a lo largo del eje polar del sistema de coordenadas, como se muestra en la Figura 8.11. El origen del ángulo acimutal Ψsuele estar a lo largo del eje de una lámpara. Esta es la fotometría tipo C. El ángulo de elevación (vertical) Θ tiene el rango 0° < Θ < 180°. El ángulo azimutal (horizontal) Ψ tiene el rango 0° < Ψ < 360°.

Para algunas luminarias de exterior, generalmente reflectores, el origen de los dos ángulos (V, H) es el eje principal de orientación de la luminaria y pasa por el ecuador del sistema de coordenadas, como se muestra en la Figura 8.12. Esta es la fotometría tipo B. En este caso, el rango de los dos ángulos es de -90° a 90°.

Para luminarias de interior, el rango de ángulos de elevación, Θ, depende de la distribución de la luminaria. El rango suele ser uno de tres: 0° < Θ < 90°, 90° < Θ < 180° o 0° < Θ < 180°; dependiendo de si la luminaria emite luz sólo hacia abajo, sólo hacia arriba o ambas.

Por lo general, se informan incrementos de 5° o 10° en Θ, aunque generalmente se miden pasos más pequeños y a veces, se informan si la distribución de la intensidad luminosa cambia rápidamente con el ángulo de elevación. Consulte 9.14 Fotometría de luminarias.

Las luminarias de interior que exhiben distribuciones simétricas axiales tienen una intensidad luminosa reportada para Ψ= 0°. Un downlight con una base de lámpara hacia arriba suele ser una luminaria con una distribución axialmente simétrica. Si la luminaria exhibe simetría cuadrilátera en el ángulo acimutal y se acostumbra reportar valores de intensidad luminosa para 0° < Ψ < 90°. Un troffer fluorescente con lente prismática es una luminaria con una distribución simétrica cuadrilátera. Si la luminaria exhibe simetría bilateral en Ψ, entonces se reportan datos para 0° < Ψ < 180°. Algunos informes fotométricos antiguos para luminarias de barrido de pared fluorescentes lineales con ángulos acimutales de 90° < Ψ < 270°. Una fluorescente indirecta de pared es una luminaria con una distribución simétrica bilateral. En todos los casos, los incrementos en Ψ suelen ser de 22,5°. Para las luminarias de exterior, el rango y los incrementos son variables, y los límites de cada uno dependen del tamaño angular del haz.
Los valores de intensidad luminosa informados para una luminaria son casi siempre de fotometría relativa. Es decir, se supone que las lámparas de la luminaria emiten sus lúmenes nominales. Los factores de pérdida de luz se pueden aplicar para tener en cuenta las condiciones reales en terreno. Las medidas son siempre de campo lejano; es decir, la distancia a la que se realizan las mediciones es lo suficientemente grande como para considerar que la luminaria es una fuente puntual. Se supone que todos los lúmenes de la luminaria se emiten desde el centro fotométrico de la luminaria. Este

punto suele estar en el centro de la abertura de la luminaria, en el centro de su lente, o en el centro geométrico de sus lámparas. Para muchas luminarias pequeñas, como downlights de lámparas fluorescentes y de filamento, las mediciones de campo lejano no representan un problema en el uso. Las mediciones de campo lejano también se pueden utilizar cuando la distancia entre la luminaria y el punto iluminado es grande en comparación con las dimensiones de la luminaria, como en la iluminación por inundación. Pero para luminarias grandes ubicadas cerca de superficies iluminadas, el cálculo de iluminancias con estos valores de intensidad luminosa debe hacerse con cuidado. Ejemplos de esta situación son las luminarias debajo del gabinete o las luces de trabajo. Consulte 10.3 Datos fotométricos para cálculos.

FIGURA 8.9 | INFORME FOTOMÉTRICO DE LUMINARIA DE INTERIOR

Informe fotométrico completo de luminaria de interior mediante fotometría relativa para un troffer de empotrar con dos lámparas fluorescentes biaxiales.

❶ La información del encabezado del informe incluye el número de prueba, la luminaria, la lámpara y la información descriptiva del balasto, y las condiciones de la prueba. Ver Referencia [11],

❷ La mayoría de los informes muestran un dibujo simple de la luminaria para mostrar la posición de la lámpara y el centro fotométrico. Ver Referencia [11].

❸ Los informes de intensidades luminosas aquí suelen ser sólo los necesarios para calcular los coeficientes de utilización en interiores. Estos corresponden a los centros de la zona de ángulo sólido estándar utilizada en ese cálculo. El incremento azimutal es de 22,5° y el incremento de elevación es de 10°, comenzando en 5°. Se incluyen las intensidades a 0° y 90°. Esto es a menudo un subconjunto del conjunto de datos completo. Consulte 10.10.3 Cálculo de los coeficientes de utilización del método Lumen.

❹ Los lúmenes zonales se informan para las zonas utilizadas en el cálculo de los coeficientes de utilización en interiores. Ver 9.14.16.1 Lúmenes zonales.

❺ Eficiencia luminosa de la luminaria expresada como la fracción del total de lúmenes zonales a los lúmenes nominales de la lámpara.

❻ Los criterios de espaciado se notifican en dos planos si la distribución es muy asimétrica en el acimut. Se reporta un valor para simetría azimutal.

❼ La luminancia promedio de las luminarias se informa en múltiples planos para distribuciones azimutalmente asimétricas, cada una en varios ángulos medidos desde el nadir fotométrico. Consulte 5.7.3 Luminancia y 9.16 Referencias, Referencia [58].

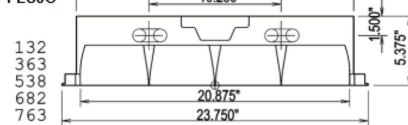
❽ Los coeficientes de utilización informan para un rango de proporciones de cavidad de sala y combinaciones de reflectancia de superficie. Los buenos informes incluyen valores de RCR=0 en todas las reflectancias y reflectancias de superficie de cero en todas las RCR. Consulte 10.9.1 Cálculo de la iluminancia promedio.

❾ Esta sección se agrega a menudo para dar un registro completo de la distribución de intensidad. La mayoría de las pruebas de luminarias de interior se realizan con un espaciado de ángulo de elevación no superior a 5°. Algunos equipos de prueba registran datos cada 2-1/2°.

❿ El informe más detallado de la distribución de intensidad va acompañado de un resumen de luz zonal más detallado.

NÚMERO LTL: 04 983 FECHA: 1- 1-2000
PREPARADO PARA: LABORATORIO DE PRUEBAS DE LUMINARIAS, INC.
NÚMERO DE CATÁLOGO: MUESTRA DE PRUEBA INTERIOR
LUMINARIA: CARCASA DE ACERO FORMADO, ACERO ESMALTADO BLANCO FORMADO REFLECTOR, 16 CELDAS, 3" DE PROFUNDIDAD, FORMADO SEMIESPECULAR PERSIANAS DE ALUMINIO. (1)
BALASTO: UNO MAGNETEK B232I120RH
LÁMPARAS: DOS SYLVANIA FB031/31K DE 2800 LÚMENES CADA UNA
MONTAJE: EMPOTRADO
WATTS TOTALES DE ENTRADA = 54,7 A 120,0 VOLTIOS #04983
EL PLANO DE 0 GRADOS ES PARALELO A LAS LÁMPARAS.

(2) #04983



(3) DISTRIBUCIÓN DE CANDELAS (4) FLUJO

	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0	FLUJO
0	1401	1401	1401	1401	1401	
5	1399	1396	1393	1391	1390	132
15	1321	1313	1283	1267	1260	363
25	1198	1156	1124	1170	1199	538
35	1034	977	1050	1177	1252	682
45	803	789	979	1167	1277	763
55	508	557	706	823	921	597
65	82	103	123	107	97	125
75	18	20	21	21	21	24
85	0	0	0	0	0	3
90	0	0	0	0	0	

RESUMEN ZONAL DE LÚMENES

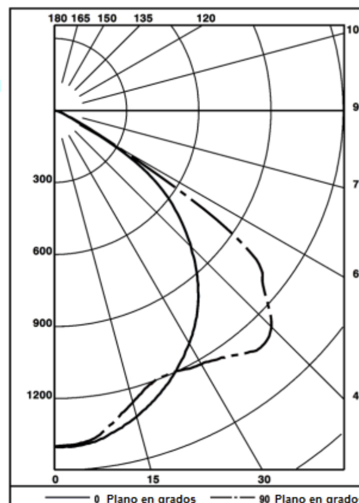
ZONA	LÚMENES	%LÁMPARA	%FIJACIÓN
0- 30	1034	18.5	32.0
0- 40	1716	30.6	53.2
0- 60	3076	54.9	95.3
0- 90	3228	57.6	100.0
90-180	0	0.0	0.0
0-180	3228	57.6	100.0

(5) EFICIENCIA TOTAL DE LA LUMINARIA : 57.6%
RELECTANCIA TOTAL DE LA PINTURA: 92.4%
TIPO CIE: DIRECTO

PLANO:	0-GRAD	90-GRAD
(6) CRITERIO DE ESPACIAMIENTO	1.2	1.4
ÁNGULOS DE BLINDAJE:	30	35
LONGITUD LUMINOSA:	20.875	20.875

(7) LUMINANCIA EN CANDELAS POR METRO CUADRADO

ÁNGULO EN GRAD	PROMEDIO 0-GRAD	PROMEDIO 45-GRAD	PROMEDIO 90-GRAD
0	4983.	4983.	4983.
45	4039.	4924.	6423.
55	3150.	4378.	5711.
65	690.	1035.	816.
75	247.	289.	289.
85	0.	0.	0.



(8) COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN- MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL
REFLECTANCIA EFECTIVA DE LA CAVIDAD DEL SUELO 0.20

RC	80				70				50			30			10			0
RP	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
0	69	69	69	69	67	67	67	67	64	64	64	61	61	61	59	59	59	58
1	64	62	60	59	63	61	59	58	59	57	56	56	55	54	54	54	53	52
2	60	56	53	51	59	55	53	50	53	51	49	52	50	48	50	48	47	46
3	56	51	47	44	54	50	47	44	48	45	43	47	44	42	46	43	42	41
4	51	46	42	38	50	45	41	38	44	40	38	42	39	37	41	39	37	36
5	47	41	36	33	46	40	36	33	39	36	33	38	35	32	37	34	32	31
6	44	37	32	29	43	36	32	29	35	31	29	34	31	28	34	30	28	27
7	40	33	28	25	39	33	28	25	32	28	25	31	27	25	30	27	25	23
8	37	29	25	22	36	29	25	22	28	24	21	28	24	21	27	24	21	20
9	34	26	22	19	33	26	22	19	25	21	18	25	21	18	24	21	18	17
10	31	24	19	16	31	24	19	16	23	19	16	22	19	16	22	19	16	15

(9) DISTRIBUCIÓN DE CANDELAS

	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0
0	1401	1401	1401	1401	1401
5	1399	1396	1393	1391	1390
10	1365	1363	1360	1343	1332
15	1321	1313	1283	1267	1260
20	1263	1245	1195	1199	1204
25	1198	1156	1124	1170	1199
30	1121	1067	1078	1173	1222
35	1034	977	1050	1177	1252
40	925	881	1019	1191	1307
45	803	789	979	1167	1277
50	668	694	898	1033	1133
55	508	557	706	823	921
60	248	322	391	352	298
65	82	103	123	107	97
70	38	43	44	44	42
75	18	20	21	21	21
80	10	10	10	9	10
85	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0

(10) RESUMEN DE LUMEN ZONAL

0- 5	33.
5- 10	99.
10- 15	157.
15- 20	207.
20- 25	249.
25- 30	289.
30- 35	325.
35- 40	357.
40- 45	382.
45- 50	382.
50- 55	351.
55- 60	246.
60- 65	92.
65- 70	33.
70- 75	16.
75- 80	7.
80- 85	3.
85- 90	0.

ESTA PRUEBA SE REALIZÓ UTILIZANDO TÉCNICAS DE FOTOMETRÍA RELATIVA SEGÚN LOS PROCEDIMIENTOS ESTÁNDAR IESNA.

FIGURA 8.10 | INFORME FOTOMÉTRICO DE LUMINARIA DE EXTERIOR

Informe fotométrico de exterior para una luminaria de iluminación de edificios.

1. La información del encabezado del informe incluye el número de prueba, la luminaria, la lámpara y la información descriptiva del balasto, y las condiciones de prueba. Ver Referencia [11] y 9.16 Referencias, referencia [54].

2. La mayoría de los informes muestran un dibujo simple de la luminaria para mostrar la posición de la lámpara y el centro fotométrico.

3. La distribución de flujo da los lúmenes de la casa, la calle y el total.

4. Los coeficientes de utilización de la calzada se trazan para la calle y el lado de la casa. Ver 9.14.6.5 Coeficientes de Utilización.

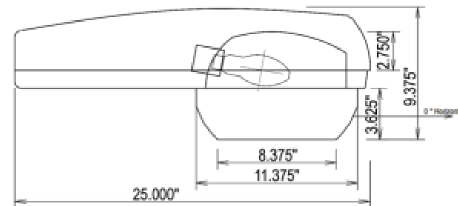
5. Además de un listado de las intensidades luminosas medidas, se proporcionan diagramas polares que muestran las características del haz principal de la luminaria. Un gráfico es de intensidades en un plano vertical, ubicado azimutalmente para pasar por la intensidad máxima. El otro gráfico es de intensidades en un cono azimutal, situado en el ángulo de elevación de máxima intensidad.

6. Lúmenes en las zonas y subzonas requeridas para determinar la calificación BUG de la luminaria. Ver 8.2.1.6 Clasificación Ambiental Exterior.

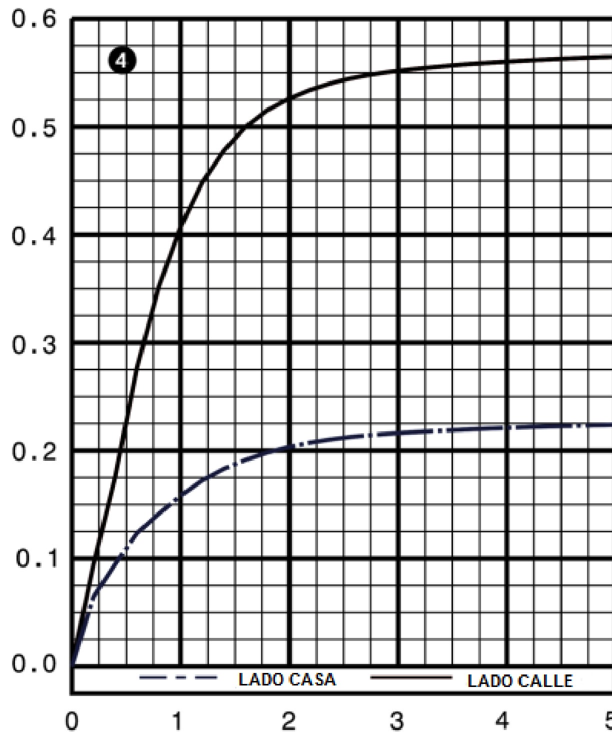
NÚMERO LTL: 04982 FECHA: 01-01-2000
PREPARADO POR : LABORATORIO DE PRUEBAS DE LUMINARIAS, INC.
NÚMERO DE CATÀLOGO: MUESTRA DE PRUEBA DE CARRETERA
LUMINARIA: CAJA DE ALUMINIO FUNDIDO, ALUMINIO SEMIESPECULAR FORMADO REFLECTOR, LENTE PRISMÁTICA ACRÍLICA TRANSPARENTE. ❶
LÁMPARA: UNA TRANSPARENTE HORIZONTAL S55 150 WATT ED17 HPS CLASIFICADA EN 15,800 LÚMENES.
NÚMERO DE CATÀLOGO DE LA LÁMPARA: SYLVANIA LU150/55/MED
AUMENTO DE VOLTAJE DEL TUBO DE ARCO: 0.9V

#04982

❷



CLASIFICACIÓN IES: **TIPO III**
CLASIFICACIÒN LONGITUDINAL: **MEDIO**
CLASIFICACIÓN DE CORTE: **NON-CUTOFF (SIN CORTE)**

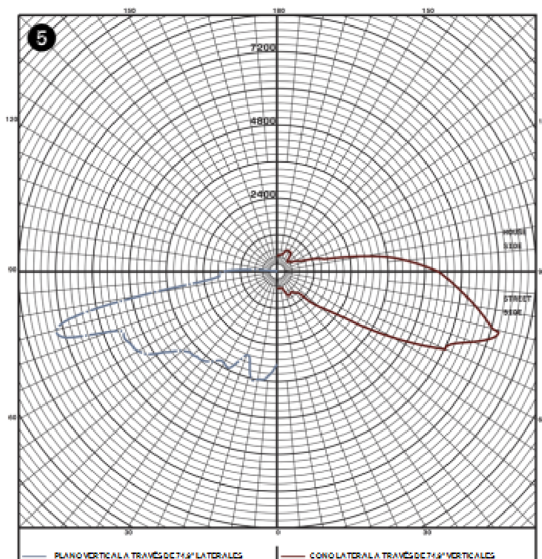


❸

DISTRIBUCIÓN DE FLUJO

LÚMENES	HACIA ABAJO	HACIA ARRIBA	TOTALES
LADO DE LA CASA	3632 (23.0%)	128 (0.8%)	3761 (23.8%)
LADO DE LA CALLE	9069 (57.4%)	248 (1.6%)	9318 (59.0%)
TOTALES	12702 (80.4%)	376 (2.4%)	13079 (82.8%)

PLANO MÁXIMO Y GRÁFICA DEL CONO DE CANDELAS



❻

TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE FLUJO BASADA EN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE IESNA

ZONA	LÚMENES DE LA LUMINARIA	% DE LÚMENES DE LA LÁMPARA
LUZ HACIA ADELANTE	9070	57.4
FL (0°-30°)	1555	9.8
FM (30°-60°)	4264	27
FH (60°-80°)	2793	17.7
FVH (80°-90°)	457	2.9
LUZ HACIA ATRÁS	3633	23
BL (0°-30°)	617	3.9
BM (30°-60°)	1674	10.6
BH (60°-80°)	1196	7.6
BVH (80°-90°)	147	0.9
LUZ HACIA ARRIBA	377	2.4
UL (90°-100°)	229	1.4
UH (100°-180°)	148	0.9

FIGURA 8.11 | GONIOMETRÍA TIPO C

Los ángulos y la orientación para la fotometría tipo C. El ángulo de elevación es Θ y el ángulo acimutal es ψ.

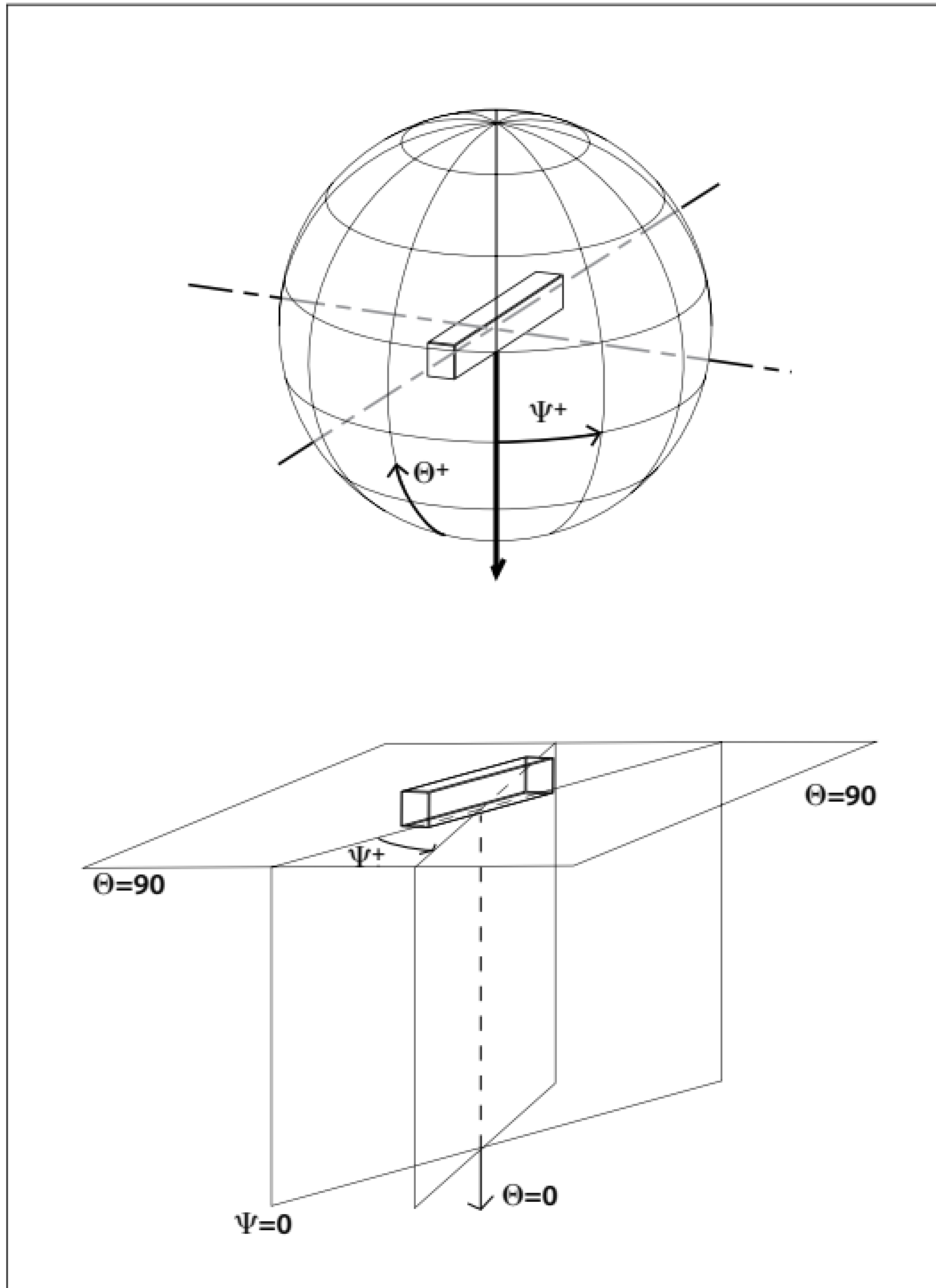
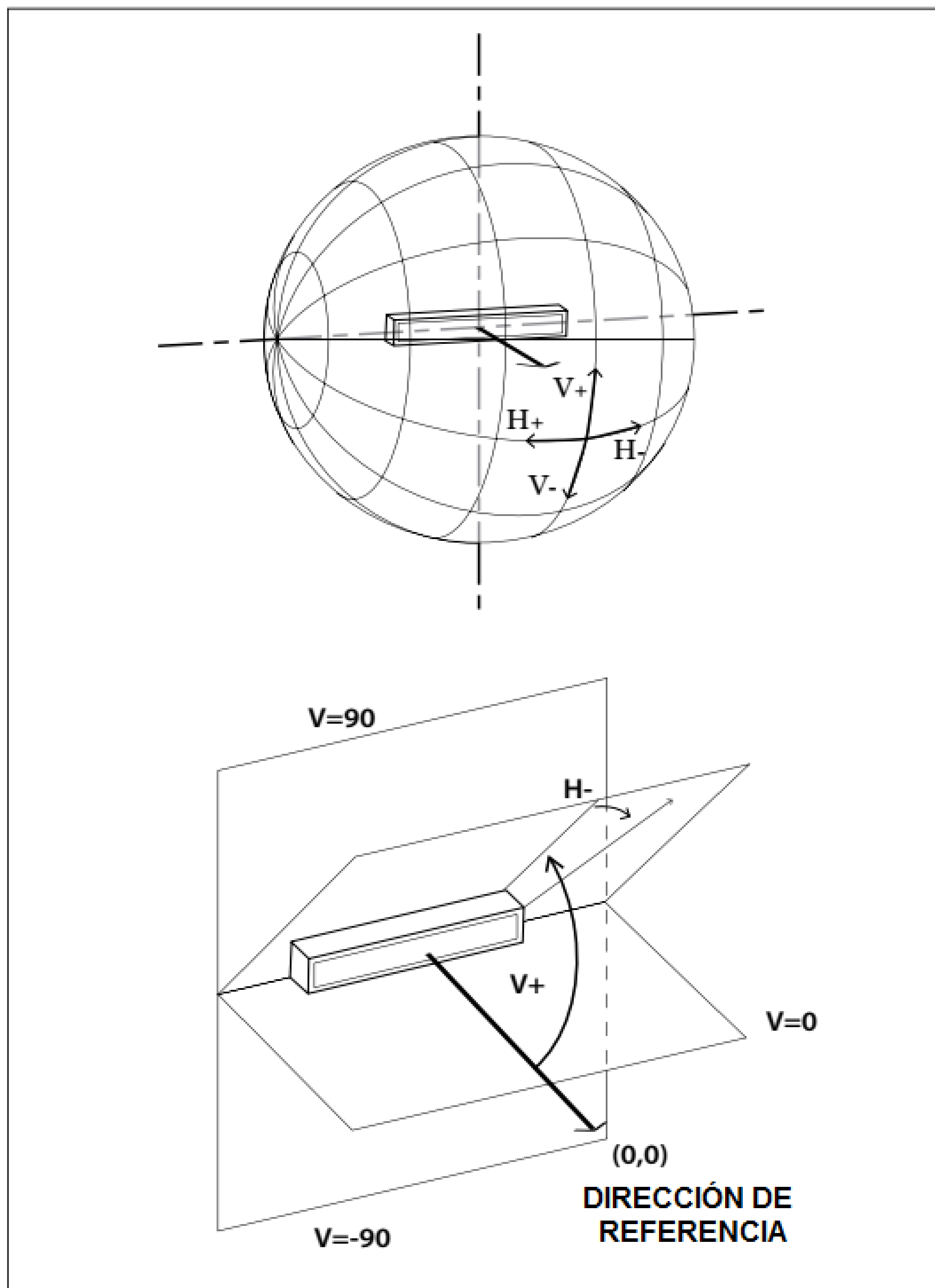


FIGURA 8.12 | GONIOMETRÍA TIPO B

Los ángulos y la orientación para la fotometría tipo B. El ángulo vertical es V y el ángulo horizontal es H.



En cualquier caso, la distribución de la intensidad luminosa siempre da una idea general de cómo distribuye la luz la luminaria. Una forma conveniente de transmitir esta información gráficamente es producir un gráfico polar de los valores de intensidad luminosa. El ángulo azimutal (horizontal) en el sistema de coordenadas esféricas se mantiene fijo y el ángulo de elevación (vertical) puede moverse de 0° a 90° o a 180°, con el valor de intensidad luminosa siendo trazado en cada ángulo de elevación. Esta línea de datos representa un plano de datos de distribución de intensidad luminosa. Se pueden trazar líneas de datos similares para otros planos. El corte, la uniformidad de la iluminancia y los patrones de luz se pueden inferir de dichos gráficos. Para las luminarias de interior, las distribuciones de intensidad luminosa generalmente se informan de dos formas: una matriz de valores y un gráfico polar. En el gráfico polar, las intensidades luminosas en un plano azimutal se trazan con una sola línea, etiquetada con el ángulo azimutal o la orientación del plano. Cada plano azimutal se traza como una línea separada. Vea la gráfica polar en la Figura 8.9. Para las luminarias de exterior, las distribuciones de intensidad luminosa se informan en gráficos cartesianos o polares. Se reportan intensidades luminosas en planos horizontales y verticales. Consulte la figura 8.10.

8.4.2.2 LUMINANCIA PROMEDIO EN VARIAS DIRECCIONES DE VISUALIZACIÓN

Como se muestra en la sección 5.7.3 Luminancia, la definición de luminancia se puede ampliar para determinar la luminancia promedio de una superficie. La ecuación 5.6 implica: $I(\Theta,\psi)$, la intensidad luminosa de toda la luminaria en la dirección (Θ,ψ); A, el área luminosa de la luminaria; y $\cos(\Theta)$, el coseno del ángulo de elevación desde el nadir fotométrico. Esta luminancia da una idea general de la luminancia y el aspecto de las luminarias, pero sólo tiene sentido si la luminaria es homogénea. En este caso, la luminancia media se puede utilizar para evaluar el potencial de deslumbramiento molesto. Si la luminaria exhibe grandes faltas de homogeneidad en la luminancia, este valor puede subestimar significativamente la luminancia de algunas partes de la luminaria. La luminancia promedio a veces se informa en los documentos fotométricos de las luminarias de interior.

8.4.2.3 LÚMENES ZONALES

La distribución de lúmenes emitidos por una luminaria se describe discretizando la esfera o hemisferio de ángulo sólido alrededor de la luminaria en elementos más pequeños, denominados zonas y reportando los lúmenes contenidos en cada zona.

LUMINARIAS DE INTERIOR

Se pueden establecer conos de ángulo sólido cónicos anidados con vértices en el centro fotométrico de la luminaria. Dado el tamaño de estos conos y los valores de intensidad luminosa en ellos, se puede determinar el número de lúmenes en cada cono. Cada cono define una zona cónica y los lúmenes dentro de cada uno son los lúmenes zonales de la luminaria. Cualquier asimetría azimutal presente en la distribución de intensidad luminosa no es aparente, ya que sólo se informa el número de lúmenes en cada zona. Consulte la sección denominada "Resumen de lúmenes zonales" en la Figura 8.9.

LUMINARIAS DE EXTERIOR

Muchas luminarias de exterior tienen distribuciones de intensidad que son muy asimétricas o muestran gradientes de intensidad muy altos. En cuanto a la fotometría Tipo B, la distribución en la vertical es muy diferente a la de la horizontal. Además, el cambio de intensidad con el ángulo puede ser muy grande, teniendo a menudo un gradiente superior a 1000 cd/grado. Por estas razones, las zonas que se utilizan para informar los lúmenes zonales son pequeñas y por lo general, de diferente tamaño angular en la horizontal y la vertical. Consulte la figura 8.10.

8.4.2.4 EFICIENCIA

El número total de lúmenes emitidos por la luminaria también se puede calcular a partir de la distribución de intensidad luminosa. Dividiendo este valor por el número total de lúmenes emitidos por las lámparas en la luminaria da la eficiencia luminosa. Esta es una medida de la eficacia con la que funcionan la lámpara y el reflector y/o el refractor para sacar los lúmenes de la lámpara de la luminaria. Con lámparas que se ven afectadas por la temperatura de funcionamiento, los efectos térmicos también se incluyen en la eficiencia. La eficiencia se muestra en la Figura 8.9. Tenga en cuenta que la eficiencia no es necesariamente una medida de calidad ni una indicación de la aplicación adecuada. Una lámpara desnuda

en un portalámparas tiene una eficiencia cercana al 100%, pero no es adecuada para la mayoría de las aplicaciones porque no tiene una óptica de control.

8.4.2.5 EFICACIA

NEMA ha establecido un procedimiento para determinar un índice de eficacia objetivo (TER) para luminarias [13]. TER se define como la proporción de lúmenes emitidos por una luminaria que contribuyen a la iluminación de un área objetivo genérica basada en la categoría de luminaria, por vatio de potencia consumida por la luminaria. Estos datos aún no son requeridos en los informes fotométricos y son proporcionados voluntariamente por laboratorios y fabricantes de equipos.

8.4.2.6 COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

Como se describe en el Capítulo 10, los coeficientes de utilización para luminarias de interior describen la eficacia con la que la luminaria coloca los lúmenes de la lámpara en el plano de trabajo horizontal de una habitación rectangular. Las tablas de estos valores para un rango de reflectancias de la superficie de la habitación y formas de la habitación son parte de un informe fotométrico para una luminaria de interior que se puede usar para iluminación general o ambiental. Consulte la sección denominada "Coeficientes de utilización" en la Figura 8.9. Algunas luminarias de interior no están diseñadas ni destinadas a producir iluminación general y no se proporcionan los coeficientes de utilización. Las luminarias de acento (acentuación) y bañadores de pared son ejemplos.

8.4.2.7 CRITERIO DE ESPACIAMIENTO

El criterio de espaciamiento es un indicador de baja precisión de qué tan lejos se pueden espaciar las luminarias de iluminación general mientras se proporciona una uniformidad aceptable de iluminancia horizontal. Se basa únicamente en la iluminancia directa (se ignora la iluminancia interreflejada) y no se puede aplicar a las luminarias indirectas.

8.4.2.8 EVALUACIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO MOLESTO

Los datos para la evaluación del deslumbramiento molesto, independientemente de la aplicación, se limitan a informar la luminancia promedio en ángulos de visión típicos. Esto se puede usar para mostrar el cumplimiento de los límites de luminancia en ciertas aplicaciones [14]. Por lo general, las evaluaciones de deslumbramiento molesto ya no se realizan ni se notifican para luminarias fuera de aplicaciones específicas y por lo general, son específicas del proyecto en forma de cálculo de UGR. Consulte 10.9.2 Cálculo del deslumbramiento.

8.4.2.9 OTROS COMPONENTES

Algunos informes fotométricos de luminarias brindan información adicional, según la aplicación. Los ejemplos incluyen iluminancias de pared para luminarias de bañador de pared, contornos de isoluminancia para luminarias de áreas exteriores y coeficientes de utilización de calzada para luminarias de calzada. Consulte las secciones denominadas "Iso-Iluminancia de Contorno" y "Máx. a mín. Uniformidad” en la Figura 8.10. 8.4.3

RENDIMIENTO TÉRMICO

En general, el rendimiento térmico de las luminarias no puede aislarse de la forma en que se utilizan. En la mayoría de las aplicaciones interiores y algunas aplicaciones exteriores, las luminarias están acopladas térmicamente a su entorno. Sin embargo, hay algunos problemas térmicos que esencialmente pueden aislarse. Tres de ellos son el efecto de la luminaria sobre la temperatura de funcionamiento de la lámpara, el efecto del calor de la lámpara sobre los materiales de la luminaria y los efectos del manejo del aire.

8.4.3.1 TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DE LA LÁMPARA

El rendimiento de las fuentes LED depende en gran medida de la temperatura de la unión. Consulte 1.4.5.4 Electroluminiscencia: diodos emisores de luz y 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. Las luminarias que utilizan LED deben tener los medios adecuados para limitar la temperatura de unión de los LED. Esto generalmente se logra con disipadores de calor. Para que funcionen correctamente, las luminarias deben construirse y usarse de modo que se mantenga cualquier flujo de aire convectivo requerido por el disipador de calor. El rendimiento de muchos tipos

de lámparas de descarga depende de la temperatura de la pared de la bombilla. Esto es particularmente cierto para las lámparas fluorescentes, para las cuales tanto la salida de luz como la entrada de energía eléctrica y por lo tanto, la eficacia luminosa varían con la temperatura del punto más frío en la pared de la bombilla. La temperatura de la lámpara, a su vez, es una función del balance de calor entre la lámpara y su entorno. La energía eléctrica suministrada a la lámpara se convierte en parte en luz, disipando el resto a través de los mecanismos de radiación térmica, convección y conducción.

Incluso las lámparas más eficientes convierten sólo una fracción moderada de su entrada de energía eléctrica en luz visible. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. La eficiencia (vatios convertidos en luz son sólo una fracción de los vatios de entrada) varía desde un mínimo de aproximadamente 0,10 para las lámparas de filamento hasta un máximo de 0,3 para las lámparas de sodio de baja presión. Con la excepción de las lámparas de sodio de baja presión, el mayor porcentaje de energía convertida por la mayoría de las lámparas se disipa como radiación infrarroja. La disipación de energía relativa por convección y conducción depende de las condiciones del flujo de aire y la temperatura alrededor de la lámpara y de los detalles del montaje de la lámpara y el diseño de la luminaria.

8.4.3.2 EFECTOS SOBRE LOS MATERIALES DE LAS LUMINARIAS
Dado que las lámparas emiten energía en longitudes de onda visibles e infrarrojas, es útil examinar las propiedades radiantes de los materiales utilizados en las luminarias. La transmitancia y la reflectancia de la mayoría de los materiales dependen de la longitud de onda. Así, por ejemplo, se puede seleccionar un material de lente que tenga una alta transmitancia visible pero una baja transmitancia infrarroja, por lo que se reduce la cantidad de calor radiado por la luminaria. Sin embargo, el calor que queda atrapado en la luminaria hará que la temperatura de la lámpara sea mayor de lo que sería de otro modo. Esto puede ser deseable si se necesitan temperaturas de lámpara más altas para aumentar la eficiencia, pero se debe considerar la posibilidad de un aumento de las tensiones térmicas dentro de la luminaria.

8.4.3.3 TRATAMIENTO DEL AIRE
El rendimiento térmico de las luminarias de interior también puede incluir su capacidad para entregar o extraer aire de un espacio. Estas luminarias de transferencia de calor a menudo se denominan luminarias de manejo de aire y están construidas para agregar o eliminar calor de un espacio moviendo el aire. Están construidas para minimizar el efecto del aire sobre la temperatura del foco de la lámpara.

8.4.4 PRUEBAS Y CUMPLIMIENTO
Las luminarias deben instalarse de acuerdo con las normas de seguridad regionales y deben estar certificadas por una organización que esté acreditada en la región en la que se instala la luminaria. Los códigos eléctricos nacionales y locales a veces determinan el tipo de equipo de iluminación que se puede usar y el método de instalación. Por lo general, las luminarias se prueban de acuerdo con las normas de seguridad nacionales o internacionales. Estos establecen un nivel mínimo de seguridad para reducir la probabilidad de incendio o descarga eléctrica.

8.4.4.1 EE. UU.
Las prácticas de instalación de luminarias en los Estados Unidos están dictadas por el Código Eléctrico Nacional (NEC), elaborado por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios. Este código se revisa al menos cada tres años. El NEC requiere que el equipo esté catalogado como para que cumpla con los estándares mínimos de seguridad por una organización que sea aceptable para la autoridad municipal que tenga jurisdicción sobre la instalación. Esta autoridad suele ser el inspector eléctrico local. El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) ha acreditado a Underwriters Laboratories (UL) como la organización de elaboración de estándares para luminarias en los Estados Unidos [15]. Prácticamente todas las autoridades locales exigen que las luminarias se prueben según las normas UL y por lo tanto, sean etiquetadas por un laboratorio de pruebas reconocido a nivel nacional (NRTL). A veces también requieren otras certificaciones.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) acredita a algunos laboratorios para evaluar productos utilizando los estándares ANSI/UL. Tal laboratorio se designa como NRTL [16]. Además, el Instituto Nacional de Estándares

y Tecnología (NIST) opera el Programa Nacional Voluntario de Acreditación de Laboratorios (NVLAP). Este programa cubre la metrología en general y las pruebas fotométricas en particular [17].

8.4.4.2 CANADÁ

Las prácticas de instalación de luminarias en Canadá están dictadas por el Código Eléctrico Canadiense (CEC), publicado por la Asociación Canadiense de Normas (CSA). Este código se revisa cada cinco años. El CEC requiere que el equipo sea sometido a examen y prueba por una agencia de certificación aceptable. La CSA es la organización que elabora los estándares para luminarias en Canadá. El Consejo de Normas de Canadá acredita laboratorios en Canadá para evaluar luminarias usando estándares CSA. El laboratorio acreditado etiqueta el equipo que cumple con estos estándares.

8.4.4.3 MÉXICO

Las prácticas de instalación de luminarias en México son dictadas por el gobierno mexicano a través de una serie de Normas de Seguridad Obligatorias Gubernamentales Mexicanas. Los productos que cumplen con los requisitos mexicanos llevan la marca NOM. Los laboratorios están acreditados por el Consejo Mexicano de Acreditación de Laboratorios de Ensayo.

8.4.4.4 UE

Las luminarias que se exportan a la Comunidad Europea deben llevar la marca CE que indica que el fabricante cumple con todos los procedimientos de evaluación requeridos para las luminarias. Esencialmente, las luminarias deben cumplir con los requisitos aplicables de la Comisión Electrotécnica Internacional.

8.5 ESPECIFICACIÓN Y USO DE LUMINARIAS

El uso exitoso de luminarias requiere una comprensión de la tarea de iluminación que realizan y el entorno en el que operan. Una luminaria apropiada para la tarea de iluminación tiene las características fotométricas adecuadas y es compatible con el entorno. La Tabla 8.6 enumera muchos de los factores que pueden estar involucrados al considerar y especificar las luminarias. Las características fotométricas se consideran en las secciones anteriores. Los aspectos eléctricos, térmicos, mecánicos, acústicos y de mantenimiento del entorno de las luminarias pueden afectar su desempeño y se consideran en las siguientes secciones.

8.5.1 RELATIVO A LO ELÉCTRICO

Toda luminaria, como parte de un sistema de iluminación, también debe considerarse parte de un sistema de cableado eléctrico. Los tableros de distribución de los circuitos ramales y los alimentadores que los alimentan deben estar diseñados para soportar la carga eléctrica de alumbrado. Las características del sistema eléctrico, como voltaje, fases y capacidad, deben conocerse para diseñar circuitos o elegir controles como interruptores, atenuadores o sensores de ocupación.
Los diseñadores deben conocer los fundamentos del diseño de sistemas eléctricos para garantizar que puedan optimizar la flexibilidad y el costo. Todos los sistemas eléctricos en los Estados Unidos deben diseñarse e instalarse de acuerdo con las disposiciones y los requisitos del NEC, así como con los códigos estatales y locales. Para garantizar que se cumplan estos requisitos, el sistema eléctrico siempre debe ser diseñado por un ingeniero profesional con licencia.

El diseño de un sistema eléctrico y de iluminación coordinado comienza determinando el voltaje de utilización del sistema. Para edificios nuevos, el voltaje de alimentación del edificio se puede obtener de la empresa de servicios públicos o del ingeniero. Esto afecta las consideraciones de los transformadores de suministro. En edificios existentes, la información se puede obtener del ingeniero de mantenimiento mediante mediciones o leyendo los datos de la placa de identificación en los tableros de distribución existentes. Las características eléctricas que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos son:

• 120/240 V, monofásico, de tres hilos para edificios residenciales
• 208/120 V, trifásico, de cuatro hilos para edificios comerciales pequeños o antiguos
• 208/120 V, trifásico de cuatro hilos para algunos edificios comerciales nuevos
• 480/277 V, trifásico, cuatro hilos para edificios comerciales nuevos y más grandes. En Canadá, los voltajes son:
• 120/240 V, monofásico, tres hilos para edificios residenciales
• 347/ 600 V, trifásico, cuatro hilos para edificios comerciales
• 277/480 V, trifásico, cuatro hilos para edificios comerciales

En México, las características eléctricas son:
• 127/220 V, trifásico, cuatro hilos para edificios residenciales y comerciales
• 220/440 V, trifásico, cuatro hilos para naves industriales

Cabe señalar, sin embargo, que el cableado de circuito derivado para iluminación en aplicaciones residenciales y comerciales en México utiliza 127 V monofásicos. Cuando el diseñador se enfrente a una fuente de alimentación de 277/480 V, se necesitarán transformadores reductores para obtener 120/208 V para su uso con lámparas de filamento. Algunos edificios tendrán dos transformadores principales y no se requerirán transformadores reductores especiales. El diseñador debe tener cuidado, ya que estos transformadores reductores también se pueden usar para energía a los circuitos de electrodomésticos y receptáculos, dejando poca o ninguna energía para la iluminación de la lámpara de filamento. Si participa en un proyecto lo suficientemente temprano, el diseñador puede solicitar que una parte de la capacidad del transformador se mantenga en reserva para "iluminación especial". La(s) ubicación(es) de los tableros y transformadores probablemente serán dictadas por la arquitectura del edificio. A modo de ejemplo, un edificio de oficinas de gran altura probablemente tendrá un cuarto eléctrico por piso, con distribución eléctrica vertical de 277/480 V y un transformador reductor de 120/208 V en cada piso. Muy a menudo, el diseñador de iluminación deberá indicar la densidad de potencia permitida antes de completar el proceso de diseño. Hay varias fuentes de información disponibles para ayudar a obtener una respuesta; incluyen, además de la experiencia pasada, el NEC, ASHRAE/ANSI/IESNA 90.1 y los códigos estatales y locales. Debido a la necesidad de una utilización eficaz de la energía, los controles se han convertido en una parte más integral del diseño de iluminación. Varias técnicas de control están a disposición de los diseñadores. Estas herramientas de control de iluminación incluyen conmutación de dos o tres niveles de luminarias de iluminación fluorescente de tres o cuatro lámparas, control fotoeléctrico para sensores de luz diurna y ocupación/movimiento, y controles que son parte integral de la luminaria. Ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN, para una discusión sobre estrategias y equipos de control.

Se recomiendan balastos de alto factor de potencia. Existen restricciones de código sobre el uso de equipos de iluminación de 480 V. El uso de balastos de alto factor de potencia no sólo reduce la demanda de VA, sino que a menudo también permite operar más luminarias desde un solo circuito. Se requiere precaución en el uso de inversores de onda cuadrada para energía de emergencia con balastos fluorescentes compactos de alto factor de potencia. El capacitor de corrección del factor de potencia que se usa en el balasto puede aparecer un cortocircuito a la salida de onda cuadrada del inversor y crear problemas con el disyuntor. Los balastos electrónicos tienen una distorsión armónica inherente que puede dañar los conductores neutros del sistema eléctrico. En algunos casos, puede ser necesario sobredimensionar el conductor neutro. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, para información sobre balastos electrónicos.

8.5.2 TÉRMICO

Las interacciones entre los sistemas del edificio y la respuesta del edificio a las condiciones exteriores y las actividades de los ocupantes influyen en el desempeño de cada uno de los componentes del edificio. En este sentido, el rendimiento del sistema de iluminación también depende del entorno térmico del edificio. Las principales consideraciones térmicas relacionadas con el rendimiento de un sistema de iluminación son la dependencia de su salida de luz y eficiencia de la temperatura de la lámpara y la carga de enfriamiento debido a la energía disipada por ella. Los efectos del ambiente térmico en la salida de luz y la eficiencia caen principalmente dentro del ámbito del diseñador de iluminación; la carga de enfriamiento debido a la iluminación es de mayor interés para el diseñador de sistemas mecánicos. Esencialmente, toda

la energía eléctrica proporcionada al sistema de iluminación se disipa en el espacio del edificio en forma de calor, con la excepción de cualquier luz que se irradie directamente fuera del edificio a través de superficies transparentes. Este calor del espacio del edificio es directamente proporcional a la cantidad de tiempo que funciona el sistema de iluminación. Claramente el uso de fuentes de mayor eficacia puede producir la luz requerida con vatios reducidos y por lo tanto, menos calor. La ganancia de calor del sistema de iluminación contribuye a la carga de enfriamiento o ayuda a satisfacer los requisitos de calefacción, según las condiciones del edificio. La mayoría de los edificios comerciales grandes tienen fuentes de calor interiores grandes, como computadoras y otros equipos eléctricos y necesitan ser enfriados durante todo el año. Las zonas exteriores de los edificios grandes y los edificios más pequeños con una alta proporción de superficie por volumen pueden necesitar calefacción en invierno. En edificios sin aire acondicionado, el calor de los sistemas de iluminación puede sobrecalentar los espacios de los ocupantes. La iluminación puede representar entre el 20 y el 50 % del consumo de energía eléctrica de los edificios. La energía eléctrica para cumplir con las cargas de enfriamiento impuestas por la iluminación puede agregar otro 10-20%. Otro factor importante es que la hora del día en que la carga de iluminación es mayor corresponde a la hora de máxima demanda de carga de refrigeración del edificio y demanda de servicio eléctrico y de mayor costo unitario de energía eléctrica. Por lo tanto, cualquier mejora en la eficiencia del sistema de iluminación puede ahorrar energía de iluminación, energía de enfriamiento y costos de energía y también reduce los requisitos de capacidad del equipo de enfriamiento.

Tabla 8.6 | Factores Involucrados en la Consideración y Especificación de Luminarias

Aspecto	Parámetro	Significancia
Dimensiones	• Largo/ancho/profundidad/diámetro	Consuetudinario de EE. UU. vs. métrico
		Integración con sistemas modulares
		Interferencias en el espacio de la habitación o en paredes/techos
		Escala apropiada para la arquitectura y/o los ocupantes
	• Proyección	Consuetudinario de EE. UU. vs. métrico
		Conformidad con ADA
		Comodidad
	• Acceso a mantenimiento	Accesibilidad vs. comodidad vs. frecuencia
Montaje	• Embutida	Profundidad libre necesaria en techos/paredes/suelo/suelo
		Superficie de montaje (lisa, rugosa, muy rugosa, articulada, plana, en ángulo)
	• Montaje superficial	Espacio libre necesario alrededor de la luminaria
		Superficie de montaje (lisa, rugosa, muy rugosa, articulada, plana, en ángulo)
	• Suspendida	Superficie de montaje (liso, áspero, muy áspero, articulado, plano, en ángulo)
		Suspensión general deseada frente a la altura total disponible
		Vástago, cable de avión, cadena
		Cable de seguridad
	• Montado en muebles o carpintería	Gestión/enrutamiento de cables
		Expuesto (visible) u oculto (detalle)
		Control (en la luminaria o de forma remota)
	• Independiente (suelo o mueble)	Cableado o cable+enchufe
		Control (en la luminaria o de forma remota)
Tipo de Cielorraso	• Provista de Tipo rejilla	T estándar, T estrecha, T con ranura para tornillos, T oculta
	• Duro Tipo brida	Paneles de yeso, yeso, yeso sobre torno, madera
	• Metal	T estándar o T oculta, lineal
	• Otro	Hormigón, modular especial, tela especial (ej., Barrisol*), acústica especial (ej: BASWAphon)
Brida	• Recorte de superposición	Con reborde propio/mismo acabado metálico que el reflector (mejor para la mayoría de los colores/tipos de techo)
		Pintura blanca/con reborde propio (mejor para techos blancos)
		Pintura personalizada/con reborde propio (mejor para techos que no sean blancos donde se desea una apariencia personalizada)
		Brida de polímero/acrílico blanco (dos piezas, menos atractiva, pero rápida y económica)
	• Sin brida (o adornos)	Aspecto más limpio y mínimo, pero requiere trabajo de precisión en paneles de yeso/yeso
Reflector	• Optica	Precisión formada y acabada
		Difusa
	• Acabado	Anodizado/baja iridiscencia (mate, especular, semiespecular)
		Pintado
	• Material	Metal (para mejor durabilidad)
		Acrílico con estabilización de rayos UV
		Vidrio
Blindaje	• Deflectores	Corte visual en una dirección de visualización
		Material y acabado
	• Persianas	Corte visual en dos direcciones visuales
		Material y acabado
Lentes	• Vidrio	Temperado vs. laminado vs no tratado (aplicación y/o dependiente de la iluminación)
		Ópticamente activo (prismas) o difuso (ópalo) o decorativo (coloreado, imitación piedra)
	• Acrílico	Estabilización UV
		Ópticamente activo (prismas) o difuso (ópalo) o decorativo (coloreado, imitación piedra)
Puertas/Acceso	• Marco empotrado	Metal formado
		Extruído
	• Abatible hacia atrás	Poco profunda o profunda
		Borde angulado/recto
		Revelada

Tabla 8.6 | Factores involucrados en la consideración y especificación de luminarias continúa en la página siguiente

Tabla 8.6 | Factores Involucrados en la Consideración y Especificación de Luminarias

Aspecto	Parámetro	Significancia
Función	• Fija	Estrecha, mediana, dispersión amplia
	• Ajustable	Estrecha, mediana, dispersión amplia
		Rotación máxima, ángulo de inclinación máximo, mecanismos de fricción o bloqueo, apuntamiento caliente
	• Bañador de pared Wallwash	Estrecha, mediana, dispersión amplia
Fotométricos	• Luminancias	Máximo, promedio
	• Potencia de Candelas Candelpower	Haz central
		Máximo
		Dispersión del haz
	• Lúmenes de Luminaria	Eficiencia de la luminaria
	• Potencia	Número de lámparas y potencia de lámparas
		Potencia total perdida con balastos/controladores/transformadores
Lámparas	• Configuración	Matriz y número de lámparas
		Tipo de base (universal, especializada)
	• Tipo	Halógena IR, CFL, fluorescente, CMH, LED
	• Circuitería Interna	Número de circuitos de control internos de la luminaria para unidades de lámparas múltiples
	• Color	CCT
		CRI
	• Lúmenes de lámpara	Lúmenes
	• Vida de la lámpara	Horas
	• Depreciación lúmenes lámpara	Reducción anticipada con el tiempo
Controladores, Balastos, Transformadores	• Voltaje	Voltaje específico o voltaje universal
	• Lámparas	Cantidad de lámparas controladas
	• Características operativas	Factor del balasto (para fluorescente)
		Distorsión harmónica total (<0,1)
		Factor de potencia (>0,95)
	• Método de Control	No atenuable
		Atenuable
		DALI
	• Método de partida	Partida instantánea, partida programada, partida rápida (opciones del fluorescente)
	• Método de término de vida	Protección de apagado al final de la vida útil
	• Protección	Fusible térmico (requerido)
		Fusible eléctrico (puede proteger más a las lámparas costosas y balastos)
	• Localización	Interior de luminaria
		Aparte de la luminaria
	• Auxiliares	Dispositivos de caja negra u otro equipo necesario para encender, operar o atenuar el equipo
Contención de la lámpara		Requerido para algunos halógenos, halógenos IR, y lámparas HID (consultar al distribuidor de lámparas)
Entorno	• Seco	UL/NRTL Listado / etiquetado para seco
	• Ligeramente húmedo	UL/NRTL Listado / etiquetado para humedad ligera
	• Húmedo	UL/NRTL Listado / etiquetado para humedad
	• Peligroso	A prueba de vapor/polvo, a prueba de explosiones, marino, etc. Listado/etiquetado UL/NRTL
HVAC Calefacción, ventilación, aire acondicionado.	• Static	Aspecto del marco de la puerta (rebaje o no rebaje)
	• Air handling	Suministro
Temperatura	• Insulation contact	Clasificación IC o mantener al menos 3" de espacio libre alrededor de la carcasa (o según lo exija el código)
	• Insulation nearby	Clasificación IC o mantener al menos 3" de espacio libre alrededor de la carcasa (o según lo exija el código)
	• No insulation	Calificación IC o no IC (ambas son aceptables)
	• Air infiltration or loss	Carcasa hermética

» Adaptado de Architectural Lighting Design, 3ra edición, reimpreso con permiso de John Wiley & Sons, Inc.

8.5.2.1 FRACCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN

En general, la entrada de energía eléctrica a una luminaria se disipará a través de los siguientes mecanismos:

- Luz visible hacia abajo
- Luz visible hacia arriba
- Radiación infrarroja hacia abajo
- Radiación infrarroja hacia arriba
- Convección hacia abajo
- Convección hacia arriba
- Convección hacia aire de retorno
- Conducción

La magnitud de cada uno de estos componentes depende del tipo de lámpara y luminaria, el diseño de HVAC y el diseño del espacio del edificio, particularmente la presencia o ausencia de una cámara de techo. Algunas de las fracciones pueden ser cero para algunas configuraciones [18]. Se han empleado varios métodos de prueba para evaluar la distribución total de energía de una luminaria en particular. Uno implica una adaptación de las técnicas fotométricas. Otros dos implican calorimetría, incluido el uso de calorímetros de flujo de agua continuo [19] y flujo de aire continuo [20] [21]. En un estudio, aunque los procedimientos y el equipo variaron ampliamente, los resultados de las pruebas fueron del mismo orden de magnitud [22].

Las guías de prueba para determinar el rendimiento térmico de las luminarias han sido publicadas por IES, el Air Diffusion Council (ADC) y NEMA. El IES emite un método de prueba aprobado que considera el efecto de la temperatura del plenum y el retorno de aire en la salida de luz. La prueba también proporciona datos sobre la forma en que la distribución del calor y la entrada de energía dependen del flujo de aire de retorno a través de la luminaria [23].

8.5.2.2 LA TEMPERATURA DE LA LÁMPARA EN FUNCIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Las lámparas fluorescentes se utilizan ampliamente en espacios comerciales e industriales y su rendimiento depende en gran medida de la temperatura de la pared de la lámpara. El tipo de luminaria y su ubicación en relación con los conductos de aire de suministro y retorno influyen en la temperatura de la lámpara y por lo tanto, en el rendimiento. Una forma conveniente de caracterizar el rendimiento térmico de la lámpara es en términos de la elevación de la temperatura de la lámpara por encima de la temperatura del aire ambiente para cada luminaria y configuración de HVAC. Esto permite determinar la temperatura de la lámpara para cualquier temperatura del aire ambiente sumando la elevación de la temperatura de la lámpara a la temperatura del aire. Por ejemplo, una luminaria de cuatro lámparas sin ventilación con una lente acrílica generalmente tendrá lámparas más calientes que la misma luminaria ventilada o que una luminaria similar con dos lámparas o que una luminaria con un difusor de celda abierta. Para cada tipo de luminaria y configuración de flujo de aire, las posibles temperaturas de las lámparas abarcan un rango bastante estrecho, aproximadamente de 3° a 6 °C. Se puede obtener alguna variación en la temperatura de la lámpara cambiando la velocidad del flujo de aire, pero esto tiene un efecto limitado a menos que se utilice el extractor del compartimento de la lámpara. Algunos sistemas de lámparas y balastos tienen un mejor rendimiento en ambientes más cálidos, como un troffer con lentes sin ventilación. Las temperaturas ambientales más altas pueden afectar negativamente a las lámparas fluorescentes T8, pero no a las lámparas fluorescentes T5 HO.

pero esto tiene un efecto limitado a menos que se utilice el extractor del compartimento de la lámpara. Algunos sistemas de lámparas y balastos tienen un mejor rendimiento en ambientes más cálidos, como un troffer con lentes sin ventilación. Las temperaturas ambiente más altas pueden afectar negativamente a las lámparas fluorescentes T8, pero no a las lámparas fluorescentes T5 HO.

8.5.2.3 CARGA DE ENFRIAMIENTO DEBIDO A LA ILUMINACIÓN

El Manual de Fundamentos de ASHRAE cubre el cálculo de la carga espacial debido a la iluminación para varias luminarias y disposiciones de ventilación [24]. El montaje de luminarias tiene un papel importante en la distribución de la energía térmica. La distribución total de energía implica los tres mecanismos de transferencia de calor: radiación, conducción y convección. Las transferencias de calor de las luminarias semidirectas montadas en superficie implican radiación, conducción y convección. Suponiendo un buen contacto con el cielorraso, las superficies superiores de la luminaria transferirán energía hacia o desde el techo por conducción. Dado que muchos materiales de cielorraso acústico también son buenos aislantes térmicos, se puede suponer que las temperaturas dentro de la luminaria serán elevadas. Por lo tanto, las superficies de las luminarias inferiores tenderán a irradiar y tener convección hacia el espacio inferior a un ritmo algo mayor. A menos que el material del cielorraso sea un buen conductor del calor y pueda volver a irradiar hacia arriba, esencialmente toda la energía de entrada permanecerá en el espacio. Existe una situación diferente cuando los componentes del sistema están separados del espacio. Las luminarias empotradas distribuyen una parte de su potencia de entrada por encima del cielorraso suspendido. La proporción real es una función del diseño de la luminaria y las condiciones del plenum y del ambiente. Para la mayoría de las luminarias estáticas empotradas, la proporción es de casi un 50 % por encima del cielorraso y un 50 % por debajo.

Para las luminarias empotradas, los componentes convectivos e radiados hacia el espacio se reducen considerablemente, mientras que la energía hacia arriba aumenta correspondientemente. Bajo ciertas condiciones, es posible que la carga espacial consista casi en su totalidad en energía luminosa. La mayor parte de la entrada de energía a la luminaria se dirige hacia arriba, donde puede ser capturada por el sistema y sujeta a alguna forma de control. Las pruebas de laboratorio realizadas de acuerdo con los procedimientos IES [23] proporcionarán datos de distribución de energía con fines evaluativos. Sin embargo, se debe evaluar el sistema total, ya que la eliminación de calor hacia la cámara puede elevar las temperaturas de la cámara, provocando una transferencia de calor por conducción a través del cielorraso y el piso hacia el espacio de abajo y de arriba y por lo tanto agregando carga térmica al espacio. Los sistemas de iluminación ambiental de tareas tienen una distribución de energía de iluminación diferente y es posible que el diseñador de iluminación deba trabajar con mucho cuidado con el diseñador del sistema mecánico del edificio. Se debe tener cuidado en la selección del factor de carga de enfriamiento (CLF) utilizado en los cálculos de carga espacial. Dependiendo de la instalación, puede ser necesario calcular las cargas de calor ambiental y de tareas por separado. Es posible tener ambos sistemas completamente dentro del espacio. Este será el caso si se utilizan luminarias suspendidas, adosadas o montadas en muebles para la iluminación ambiental, incorporándose iluminación de tareas en los muebles o utilizando luminarias suspendidas o adosadas para ambos. En este caso, toda la potencia de entrada es una carga espacial instantánea.

Con las luminarias empotradas utilizadas para la iluminación ambiental y las suspendidas o montadas en muebles para la iluminación de tareas, las cargas de calor deben calcularse por separado, ya que sólo la carga de iluminación de tareas es una carga de espacio totalmente instantánea. La contribución de calor de la luminaria empotrada puede ser considerablemente menor, dependiendo del CLF. Los sistemas también pueden utilizar luminarias empotradas tanto para tareas como para iluminación ambiental. Aquí, ambos impondrán una carga de calor que será reducida por el CLF.

8.5.3 MECÁNICA

Los aspectos mecánicos de una luminaria que deben tenerse en cuenta suelen estar determinados por la aplicación y el entorno. La luminaria montada en el cielorraso debe tener compatibilidad con el sistema de cielorraso. Esto incluye el tamaño, el peso y el mecanismo de montaje apropiados. Las luminarias destinadas para uso en exteriores deben incorporar características de montaje y diseño adecuadas para soportar vientos fuertes y acumulación de lluvia y nieve. Las luminarias empotradas en hormigón vertido deben tener una envolvente de resistencia, hermeticidad y rigidez adecuadas para la aplicación. Las luminarias montadas en superficie deben ser lo suficientemente fuertes para que no se doblen excesivamente cuando se montan en cielosrrasos irregulares. Las luminarias suspendidas deben tener la resistencia adecuada para limitar el pandeo vertical entre los soportes, así como la distorsión lateral y la torsión. Debe preverse la fijación de soportes en lugares adecuados. Los dispositivos de montaje y nivelación deben permitir una

instalación fácil y rápida, lo que puede reducir los costos de mano de obra en la construcción. Ciertas ubicaciones pueden requerir luminarias a prueba de vandalismo de construcción pesada. Esto, a su vez, puede requerir equipo de montaje adicional o más pesado. Las ubicaciones sujetas a actividad sísmica pueden tener códigos que dicten que las luminarias se sujeten de forma segura al techo real en cuatro puntos.

8.5.4 ACÚSTICA

La generación de sonido indeseable es a veces un problema con las lámparas fluorescentes u otras lámparas de descarga con balasto de dispositivos electromagnéticos o de estado sólido. Las luminarias pueden transmitir este sonido al resto del espacio y en algunos casos, añadirle vibración de luminaria. Las superficies grandes y planas y las piezas sueltas amplifican el sonido. Los pasos que se toman para minimizar la transmisión de sonido del balasto a la luminaria pueden afectar las características de transferencia de calor. Cuando las luminarias se utilicen como dispositivos de suministro o retorno de aire, las superficies de control de aire deben diseñarse teniendo en cuenta el ruido del aire. En este caso, existen criterios bien aceptados para los niveles de sonido permisibles [25]. Los balastos electrónicos son esencialmente silenciosos. Un poco de zumbido de balasto del tipo magnético es inevitable en vista del principio electromagnético involucrado y cada tipo de balasto tiene una clasificación de sonido diferente. Cuando sean necesarios niveles de ruido bajos, se debería considerar la posibilidad de montar el equipo de balastos de forma remota o utilizar fuentes de luz que tengan un funcionamiento inherentemente más silencioso. Las ubicaciones remotas de los balastos pueden implicar complicaciones de cableado, voltaje y consideraciones térmicas y restricciones de código.

8.5.5 MANTENIMIENTO

El mantenimiento para el rendimiento de la luminaria requiere una limpieza y un cambio de lámparas periódicos. Si las luminarias se montan en lugares normalmente fuera del alcance, se debe considerar cómo se accederá a ellas. Si se requiere un equipo especial o si se utilizan lámparas que tienen una vida útil corta, se debe reconsiderar la ubicación de las luminarias. Las puertas y los marcos deben ser con bisagras para permitir un fácil acceso a las lámparas y la limpieza de los reflectores. Si las luminarias están dirigidas, puede ser necesario especificar fijaciones de bloqueo para evitar que se muevan.

La presencia de suciedad e insectos debe tenerse en cuenta a la hora de elegir una luminaria. Las luminarias cerradas o las puertas selladas pueden reducir la penetración y acumulación de suciedad e insectos, reducir el mantenimiento requerido y dar como resultado factores de pérdida de luz más altos.

8.6 REFERENCIAS

[1] Santoro S, Crenshaw M, Ashdown I. 2002. Kinoform diffusers. J Illum Eng Soc. 31(1):9-19.

[2] Pelka D, Patel K. 2003. An overview of LED applications for general illumination. In: SPIE Proceedings, Design of efficient illumination systems. San Diego CA. 5186:15-26.

[3] [IES] Illuminating Engineering Society. 2007. TM-15-07(revised). Luminaire classification system for outdoor luminaires. 11 p.

[4] Rea M, editor. 2000. IESNA Lighting Handbook. 9th edition. New York NY. IESNA

[5] [NFPA] National Fire Protection Association. 2005. National Electric Code.

[6] Americans with Disabilities Act. 1990/2008. Title 42, Chapter 126, United States Code.

[7] Moyer JL. 1992. The landscape lighting book. New York. Wiley. 282 p.

[8] [IEC] International Electrotechnical Commission. 2002. MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT - PART 2-41: PARTICULAR REQUIREMENTS FOR THE SAFETY OF SURGICAL LUMINAIRES AND LUMINAIRES FOR DIAGNOSIS. IEC. (and Surgery lighting Leukos)

[9] Roseman A, Kaase H. 2006. Combined daylight systems for lightpipe applications. Int. J Low Carbon Tech. 1(1):10-21.

[10] Steffy GR. 2004. Design problems associated with aisle lighting. Leukos. 1(1):25-42.

[11] [IES] Illuminating Engineering Society. 2003. IESNA guide for reporting general lighting equipment engineering data for indoor luminaires.7 p.

[12] [IES] Illuminating Enginering Society. 2007. LM-79-08. Approved Method: Electrical and photometric measurement of solid-state lighting products. 16 p.

[13] [NEMA] National Electrical Manufacturers Association LE-6. 2008. Procedure for determining Target Efficacy Ratings (TER) for commercial, industrial and residential luminaires. Rosslyn VA. NEMA. 13 p.

[14] [IES] Illuminating Enginering Society. 2004. RP-1-04. Office lighting. 63 p.

[15] [UL] Underwriters Laboratories. 2000. The standard of safety for luminaires. UL-1598 CSA 250. 3rd edition. Northbrook IL. Underwriters Laboratories. 322 p.

[16] US Dept of Labor. 2009. Nationally recognized testing laboratories (NRTLs). http://www.osha.gov/dts/otpca/nrtl/

[17] {NIST] National Institute of Standards and Technology. 2006. http://ts.nist.gov/standards/accreditation/index.cfm

[18] Treado SJ, Bean JW. 1988. The interaction of lighting, heating and cooling systems in buildings: Interim report. NISTIR 88-3860. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg MD.

[19] Bonvallet GG. Method of Determining Energy Distribution Characteristics of Fluorescent Luminaires. Illum Eng. 58(2):69-74.

[20] Mueller T, Benson BS. Testing and Performance of Heat Removal Troffers. Illum Eng. 57(12):793-802.

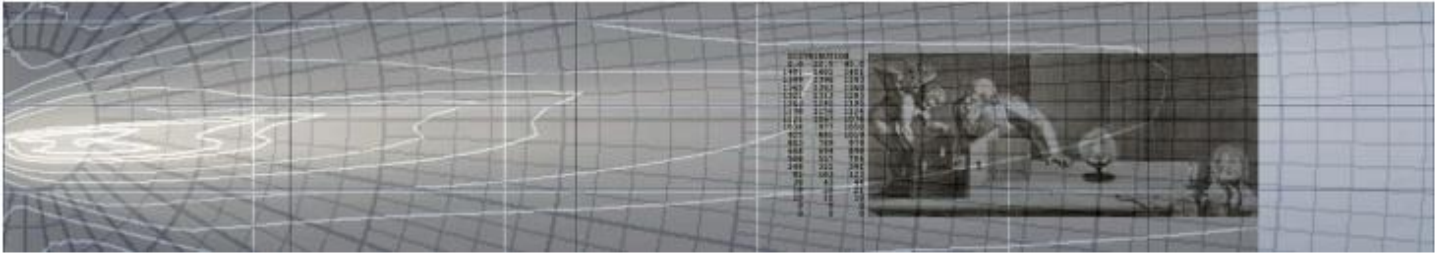
[21] Ballman TL, Bradley RD, Hoelscher EC. Calorimetry of Fluorescent Luminaires. Illum Eng. 59(12):779-785

[22] [IESNA] Illuminating Engineering Society Committee on Lighting and Air Conditioning. Lighting and Air Conditioning. Illum Eng 61(3):123-147.

[23] [IESNA] Illuminating Engineering Society Committee on Testing Procedures. IES Approved Guide for the Photometric and Thermal Testing of Air Cooled Heat Transfer Luminaires,. J Illum Eng Soc. 8(1):57-62.

[24] [ASHRAE] American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers. 2009. ASHRAE Handbook of Fundamentals. ASHRAE. Atlanta.

[25] [ASHRAE] American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers. 2009. ASHRAE Standard 36-72. Methods of testing for sound rating heating, refrigerating, and air-conditioning equipment. ASHRAE. Atlanta.



9 / MEDICIÓN DE LA LUZ

FOTOMETRÍA

Cuando puedes medir de lo que estás hablando y expresarlo en números, sabes algo al respecto... Lord Kelvin 1883, ingeniero y físico matemático

Contenido

La iluminación está anclada a un fenómeno visual significativo por medio de la definición de luz que adopta: la unión del poder radiante, una cantidad física, con una respuesta visual, una cantidad psíquicamente física. La utilidad de la definición permite medir y calcular la luz; es decir, la luz tiene los aspectos de cantidad que permiten las actividades de ingeniería de medición y predicción por cálculo. Este aspecto analítico de la luz y de la iluminación permite que la experiencia exitosa poder ser guardada y que se conviertan en recomendaciones de calidad para otros proyectos de iluminación, permite la iluminación equipos que se caractericen de manera útil para los diseñadores y permite predicciones de probables resultados de los diseños de iluminación propuestos.

***Fotometría** es una palabra utilizada por primera vez por Johann Heinrich Lambert como título de su tratado en latín de 1760 sobre la medición de la luz. Lo acuñó combinando las palabras griegas para Luz (Φωσ) y Medida (μετρον). La palabra de Lambert pronto encontró su camino en los idiomas europeos.*

9.1 INTRODUCCIÓN

La medición de la radiación óptica, denominada radiometría, es la ciencia de medir cantidades radiantes y forma parte de la ciencia general de la medición, la metrología. La fotometría, una rama especial de la radiometría, es la medición de la radiación que representa la respuesta visual humana.

El observador estándar de la Commission Internationale de l’Eclairage (CIE), definido en parte por la función de eficiencia luminosa fotópica de la longitud de onda, V(λ), cuantifica esta respuesta y define la respuesta espectral que deben exhibir los equipos de medición fotométrica. Ver 5.4.2 Eficiencia luminosa fotópica. Esta curva de respuesta del observador estándar se utiliza como función de ponderación aplicada a una distribución de potencia espectral (SPD) de la radiación óptica que se está midiendo. La suma de todas las longitudes de onda del SPD ponderado define el flujo luminoso. Ver 5.5 Flujo Luminoso. La ponderación y la suma es el núcleo mismo de la fotometría. Aunque se acepta y utiliza globalmente, V(λ) es un compromiso que siempre supone la misma correlación predecible de las mediciones físicas con la respuesta visual. Pero hay circunstancias en las que las cantidades fotométricas son malos predictores de la respuesta visual. Ver 4 | PERCEPCIONES Y RENDIMIENTO. Por lo tanto, una comprensión básica de la fotometría es esencial para lograr el equilibrio que debe lograr un diseñador de iluminación entre la medición, por un lado, y la experiencia visual, por el otro.

La fotometría y la radiometría se utilizan para determinar las propiedades de los equipos y materiales de iluminación y aspectos del rendimiento de los sistemas de iluminación. Algunas de estas mediciones requieren estándares fotométricos (ya sean fuentes o detectores) y generalmente se realizan en un laboratorio fotométrico, otras se logran con equipos diseñados para uso en terreno. En la Tabla 9.1 se muestran los tipos de medidas fotométricas y radiométricas más habituales, junto con el equipo y lugar habitual de medida.

Tabla 9.1/ Mediciones Radiométricas y Fotométricas

	Característica	Unidad Dimensional	Equipamiento	Técnica
Luz	Longitud de Onda	Nanómetro	Espectrómetro	Laboratorio
	Color	No	Espectrofotómetro y colorímetro	Laboratorio
Fuentes de Luz	Energía radiada	Joule por metro cuadrado	Radiómetro calibrado	Laboratorio o terreno
	Temperatura de Color	Kelvin	Colorímetro o radiómetro con filtro	Laboratorio o terreno
	Distribución de intensidad luminosa	Candela	Fotómetro y goniómetro	Laboratorio
	Luminancia	Candela por unidad de área	Fotómetro o medidor de luminancia	Laboratorio
	Distribución de la potencia espectral	Vatios por nanómetro	Espectroradiómetro	Laboratorio o terreno
	Consumo de potencia	Vatio	Vatiómetro o voltímetro y ohmiómetro	Laboratorio o terreno
	Salida de lúmenes totales	Lumen	Esfera integrada o fotómetro y goniómetro	Laboratorio
	Distribución de lúmenes	Lumen	Fotómetro y goniómetro	Laboratorio
Condición Luminosa	Iluminancia	Lumens por unidad de área	luxómetro	Laboratorio o terreno
	Luminancia	Candela por unidad de área	Medidor de luminancia	Laboratorio o terreno
Materiales	Reflectancia	Varillas	Reflectómetro	Laboratorio o terreno
	Transmitancia	Saturación	Transmitómetro	Laboratorio o terreno
	Reflectancia espectral	Porcentaje	Espectrofotómetro	Laboratorio
	Transmitancia espectral	Porcentaje	Espectrofotómetro	Laboratorio
	Reflectancia bidireccional	Estereoradián inverso	Medidor de luminancia y goniómetro	Laboratorio
	Transmitancia bidireccional	Estereoradián inverso	Medidor de luminancia y goniómetro	Laboratorio

9.2 ESTÁNDARES FOTOMÉTRICOS

Los patrones fotométricos son objetos o detectores diseñados para proporcionar una base uniforme para toda medición fotométrica y son importantes por varias razones prácticas:

• Las normas permiten una comparación justa y competitiva entre el rendimiento de los equipos de iluminación, con base en mediciones fotométricas, independientemente del lugar de fabricación o uso final.

• Las normas permiten la expectativa de una correlación razonable entre el rendimiento previsto del equipo de iluminación (según lo determinado en el laboratorio) y el rendimiento observado en la aplicación (medido con el equipo de medición en terreno).

• Las normas permiten que los laboratorios privados y gubernamentales calibren equipos de medición fotométrica, evalúen productos de iluminación y guíen el desarrollo y la aplicación de nuevas fuentes y tecnologías de materiales en iluminación.

9.2.1 TIPOS DE ESTÁNDARES

El vocabulario de metrología internacional distingue entre tipos de estándares basados en la calidad, la importancia y el uso previsto [1]. Los siguientes tipos se basan en ese vocabulario.

9.2.1.1 PATRONES PRIMARIOS

Un patrón primario es un patrón designado o ampliamente reconocido por tener las cantidades metrológicas más altas y cuyo valor se acepta sin referencia a otros patrones de la misma cantidad. La candela, mantenida por el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), es un patrón primario.

9.2.1.2 ESTÁNDARES (DE MEDICIÓN) NACIONALES

Los estándares nacionales que definen cantidades radiométricas y fotométricas son mantenidos por laboratorios estándar nacionales [2]. Estos estándares generalmente se desarrollan a partir de estándares internacionales a través de un procedimiento experimental específico, generalmente complejo. En América del Norte, los estándares de medición para iluminación, incluida la candela, son mantenidos por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) en los Estados Unidos y el Consejo Nacional de Investigación (NRC) en Canadá, el Centro Nacional de Metrología en México, el Physikalisch-Technische Bundesanstalt en Alemania. Los estándares de medición nacionales no son accesibles directamente por otros laboratorios.

9.2.1.3 PATRONES DE TRANSFERENCIA

Los patrones de transferencia son necesarios para vincular los sistemas de medición de un laboratorio a otro (por ejemplo, un laboratorio de medición nacional y un laboratorio industrial). Se los define simplemente como intermediarios utilizados para comparar estándares. Se les puede llamar estándares de viaje cuando están destinados al transporte entre diferentes lugares.

9.2.1.4 PATRONES DE REFERENCIA

Los patrones de referencia son patrones que tienen la cantidad metrológica más alta disponible en un lugar determinado o en una organización determinada, de los cuales se derivan las mediciones allí realizadas. Los estándares de referencia pueden derivarse directamente de un estándar de medición nacional o de los estándares de referencia de otros laboratorios en la cadena de calibración. Suelen estar preparados con equipos de medición eléctricos y radiométricos precisos.

9.2.1.5 ESTÁNDARES DE TRABAJO

Los estándares de trabajo se utilizan para mediciones de rutina en un laboratorio y por lo general, son preparados y calibrados por ese mismo laboratorio a partir de su propio estándar de referencia.

Otras nomenclaturas han evolucionado a partir del uso histórico, pero no representan las definiciones aceptadas internacionalmente y no todas son consistentes. Por ejemplo, el término “patrón primario” a menudo se utiliza para designar una fuente de patrón que se obtuvo de un laboratorio de patrones nacional y que se utiliza únicamente para elaborar otros patrones de trabajo para uso diario en ese laboratorio. A veces, un patrón primario se denomina “patrón maestro”. El término “patrón secundario” también se usa comúnmente en laboratorios privados para distinguir un patrón del llamado primario y a veces, se usan los términos “patrón secundario” y “patrón de trabajo” indistintamente. El término “estándar terciario” se utiliza si se implementan tres niveles de estándares.

9.3 FOTOMETRÍA VISUAL

Los primeros instrumentos para medir cantidades luminosas dependían de la evaluación visual [3] [4]. Estos métodos carecían de precisión y exactitud, en gran parte porque los resultados dependían de los observadores individuales que realizaban las mediciones. Incluso para un observador en particular, la reproducibilidad de las mediciones era limitada porque una serie de variables que influyen en las mediciones no podían controlarse ni explicarse. Estos métodos visuales ahora rara vez se utilizan, ya que han sido reemplazados por mediciones fotométricas realizadas con instrumentos físicos calibrados que responden a la radiación óptica. Sin embargo, la evaluación visual sigue siendo una parte fundamental de la investigación psicofísica de la percepción visual y forma la base del proceso que eventualmente conduce a la cuantificación de los efectos perceptivos.

9.4 FOTOMETRÍA FÍSICA

El desarrollo y estandarización de la función V(λ) ha permitido sustituir la evaluación visual por una física: la detección radiométrica, espectralmente modificada para imitar la función V(λ). Los dispositivos con una respuesta espectral como la de V(λ) proporcionan la base para la fotometría física.

9.4.1 DETECTORES

Existe una amplia gama de detectores disponibles y el mejor detector para una aplicación depende de los requisitos de respuesta espectral, geometría y calidad. Las características de la señal, como la relación señal-ruido, la amplitud, la respuesta temporal y el ancho de banda de frecuencia, influyen en la idoneidad de un detector. El rango de linealidad del sistema detector, el campo de visión, la potencia equivalente de ruido y la transmisión de la ventana, así como otros factores, afectan las mediciones que puede realizar de manera confiable.

9.4.1.1 FOTOTUBOS

Un fototubo es un tubo de vidrio lleno de vacío o de gas que contiene una superficie fotoemisiva como fuente de corriente eléctrica. Los fotones que golpean la superficie fotoemisiva liberan electrones por el efecto fotoeléctrico y esos electrones son recogidos por un ánodo que tiene un voltaje más alto. La forma más útil de fototubo para fotometría es el tubo fotomultiplicador (PMT).

Los PMT emplean un fotocátodo, que emite electrones cuando se irradia. La sensibilidad espectral de un tubo fotomultiplicador depende de la ventana de entrada y del material del fotocátodo, para los cuales hay muchas opciones disponibles. Cuando los fotones chocan contra el fotocátodo, se emiten electrones y luego se aceleran a través de una serie de multiplicadores de electrones (dínodos), donde la señal se multiplica enormemente. Los electrones son recogidos por un ánodo, donde se mide la corriente de salida. Una cadena divisora de voltaje conecta los elementos del PMT de tal manera que los electrones se aceleran de una etapa a la siguiente. Los diseños típicos de PMT emplean de varias a 15 etapas de dínodos y producen ganancias de señal de varios miles a cientos de millones. El voltaje requerido para operar el PMT puede variar de 500 a 2000 V, dependiendo de la construcción del tubo y la cantidad de dinodos. La ganancia general del PMT está controlada por el voltaje aplicado entre los elementos. Se requiere un alto grado de regulación de voltaje para un funcionamiento preciso. Los PMT ofrecen la mayor sensibilidad y se utilizan cuando se miden cantidades de luz extremadamente bajas. Los detectores PMT producen una señal de salida (corriente oscura) en ausencia de luz, debido a la emisión termoiónica. La corriente oscura se puede reducir bajando la temperatura del PMT. La mayoría de los

PMT presentan diferencias de ganancia cuando se exponen a campos magnéticos o cuando se cambia su orientación en el campo magnético terrestre. En la mayoría de las aplicaciones se requiere blindaje magnético. La mayoría de los PMT son sensibles a los golpes y un manejo brusco puede provocar fallas o pérdida de la calibración anterior. Todos los fototubos tienen características de respuesta espectral altamente selectivas. Dependiendo del material del cátodo fotoemisivo utilizado, un fototubo puede usarse para mediciones UV, visibles o IR cercanas; sin embargo, un solo fototubo no puede cubrir todo este rango espectral.

9.4.1.2 DETECTORES DE ESTADO SÓLIDO

Los detectores de estado sólido comprenden una categoría muy amplia de detectores que incorporan materiales semiconductores. Todos exhiben características de respuesta espectral similares; su sensibilidad a longitudes de onda más largas aumenta hasta un límite de energía del fotón, donde la respuesta del detector cae a cero. Los rangos espectrales útiles de los detectores de estado sólido se extienden desde la región UV hasta la región IR lejana. Los fotodetectores se pueden usar en el modo fotovoltaico, donde se mide la corriente de cortocircuito, o en el modo fotoconductor donde se aplica un voltaje de polarización inversa y el dispositivo se trata como una resistencia variable sensible a la radiación.

Los fotodiodos de silicio se utilizan comúnmente en fotómetros comerciales y de laboratorio. Ofrecen un amplio rango espectral y la capacidad de medir niveles bajos de potencia radiante. Un fotodiodo de silicio se combina con un filtro de vidrio para hacer coincidir su respuesta espectral con la función V(λ). Los detectores de silicio también se utilizan en matrices lineales de escaneo automático, máquinas de facsímil (fax), instrumentos de medición espectral y detectores de carga bidimensionales. Dispositivos acoplados (CCD).

Los fotodiodos funcionan mejor cuando se operan como fuentes de corriente en circuitos amplificadores de impedancia cero. Se ha demostrado que la linealidad de los fotodiodos de silicio se extiende durante 10 décadas con la amplificación adecuada. Debido a que intervienen corrientes muy pequeñas (normalmente 10^{-13} a 10^{-3} A), el diseño adecuado del amplificador es esencial para el rendimiento de estos instrumentos fotométricos. Los métodos de prueba, las clases y las características de rendimiento se han estandarizado [20].

9.4.2 RESPUESTA ESPECTRAL DEL DETECTOR

El detector es el componente principal que afecta la respuesta espectral de un instrumento fotométrico. Los tubos fotomultiplicadores (PMT) y los fotodiodos de silicio son los detectores más utilizados en radiómetros y fotómetros, y responden de forma diferente a las distintas regiones del espectro. El rango espectral del detector se adapta a la región espectral a medir. Esto mejora significativamente la sensibilidad y alivia la carga del filtrado. Los fotómetros requieren supresión de UV e IR.

La respuesta espectral relativa nativa de los detectores no coincide con la función V(λ) y, por lo tanto, no pueden determinar directamente cantidades fotométricas. El filtrado espectral se utiliza para producir una respuesta combinada de detector-filtro que coincide estrechamente con la función V(λ). Se puede calcular una medida de la cercanía de esta coincidencia utilizando el parámetro CIE f_1’. Consulte 9.6.1.1 Error de corrección espectral, f_1’ y 1.2.2 Datos de potencia espectral.

Algunos instrumentos están diseñados para medir valores de triestímulo CIE y calcular cromaticidades. Utilizan detectores que deben filtrarse para producir respuestas combinadas de detector-filtro que coincidan con las funciones de coincidencia de color X(λ), Y(λ) y Z(λ) [5]. Consulte 6.1.5.5 Funciones de coincidencia de color XYZ.

RESPUESTA ESPECTRAL

Es particularmente importante cuando se trata de fuentes de banda de longitud de onda relativamente estrecha [6] [7] [8], como los LED que irradian luz de color saturada.

9.4.3 FACTORES AMBIENTALES

El entorno y las condiciones de uso afectan el rendimiento del detector. La temperatura, el campo magnético, los campos eléctricos y los efectos de pulso o transitorios pueden cambiar la sensibilidad del detector, el ruido y la corriente oscura y provocar deriva.

9.4.3.1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA

Las variaciones de temperatura afectan el rendimiento de todos los fotodetectores. Los fotodiodos de silicio se ven afectados sólo ligeramente por la temperatura; sin embargo, pueden surgir problemas debido a los efectos de la temperatura en la respuesta del detector. La transmisión de los filtros de corrección espectral también puede verse afectada por la temperatura. Los detectores herméticamente sellados brindan protección contra los efectos de la humedad y cierto aislamiento contra los ciclos de temperatura. Se debe tener cuidado de que los efectos de las altas temperaturas o los ciclos de temperatura no dañen las capas cementadas del filtro del detector. Los PMT son bastante sensibles a la temperatura. Tanto la corriente oscura como el ruido aumentan a temperaturas más altas. Además, la respuesta espectral puede variar significativamente con los cambios de temperatura. El control de temperatura termoeléctrico se utiliza con frecuencia para controlar la corriente oscura, el ruido y las características espectrales de los PMT.

9.4.3.2 EFECTOS TRANSITORIOS

Los fotodiodos de silicio normalmente presentan tiempos de subida de microsegundos y no presentan fatiga. Los tiempos de subida y bajada de la mayoría de los fotómetros que emplean fotodiodos de silicio suelen estar limitados por los circuitos de amplificación. Los PMT tienen tiempos de aumento de nanosegundos, pero exhiben histéresis, es decir, un exceso o defecto de salida, lo que requiere de segundos a minutos para adaptarse a grandes cambios en el nivel de luz. Los radiómetros y fotómetros de precisión suelen emplear PMT con histéresis mínima.

9.4.3.3 EFECTO DE LA VARIACIÓN PULSADA O CÍCLICA DE LA LUZ

Las fuentes de descarga eléctrica parpadean cuando funcionan con fuentes de alimentación de corriente alterna (CA). Se deben tomar precauciones con respecto a los efectos de la frecuencia, la frecuencia del pulso y el ancho del pulso al medir las propiedades luminosas de las lámparas [9]. No se puede suponer que un instrumento trate la modulación de una fuente de luz de la misma manera que el ojo humano. Se debe considerar la capacitancia interna del detector y el tiempo de respuesta del amplificador a señales pulsantes. Se encuentran disponibles circuitos de medición especiales para la integración de luz pulsada para la medición de fuentes intermitentes [10].

9.4.3.4 CAMPOS MAGNÉTICOS

Como se señaló anteriormente, los radiómetros y fotómetros que contienen PMT pueden verse afectados por campos magnéticos fuertes. Los instrumentos comerciales que contienen PMT utilizan blindaje magnético adecuado para protegerlos de la mayoría de los campos magnéticos ambientales; sin embargo, es aconsejable mantenerlos alejados de maquinaria eléctrica pesada.

9.4.3.5 INTERFERENCIA ELÉCTRICA

Con instrumentación electrónica, se pueden inducir interferencias eléctricas en los cables entre el detector y la instrumentación. Este efecto se puede minimizar mediante el uso de redes de filtros, blindaje, conexión a tierra o combinaciones de los anteriores.

9.5 ABSOLUTO, RELATIVO Y FOTOMETRÍA SUSTITUTA

Las propiedades fotométricas de equipos y materiales pueden ser absolutas o relativas y determinadas directamente o por el método de sustitución.

9.5.1 FOTOMETRÍA ABSOLUTA

La fotometría absoluta mide e informa las cantidades tal como son realmente producidas por el equipo que se está midiendo, en cualquier estado en que se encuentre o cualesquiera que sean las condiciones de operación o medición. No se realizan correcciones, excepto la calibración del instrumento.
Las mediciones se realizan con instrumentos calibrados a partir de estándares para informar las unidades fotométricas absolutas. Se recomienda que todas las luminarias LED sean fotométricas, utilizando fotometría absoluta [38].

9.5.1 FOTOMETRÍA RELATIVA

La fotometría relativa escala las mediciones a algún nivel supuesto de salida de la lámpara u otra base por unidad. En este caso, no es necesario calibrar absolutamente los instrumentos o detectores. Más bien, se realizan mediciones relativas del equipo bajo prueba. Luego se realiza otra medición separada (a menudo sólo una) con el mismo instrumento utilizando una fuente con una salida supuesta. Luego, las mediciones relativas se escalan en función de esta segunda medición.

9.5.2 FOTOMETRÍA DE SUSTITUCIÓN

La fotometría de sustitución es la medición secuencial de una propiedad fotométrica de un estándar y luego de la misma propiedad del objeto que se está probando, utilizando el mismo (en la medida de lo posible) instrumento de medición y geometría. No es necesario calibrar el instrumento en unidades absolutas. Conocer la propiedad fotométrica del estándar y la relación de las dos mediciones determina la propiedad fotométrica del objeto que se está probando. El flujo luminoso, la intensidad, la reflectancia y la transmitancia a menudo se miden mediante fotometría de sustitución.

9.6 INSTRUMENTOS Y PRECISIÓN

Los instrumentos de medición fotométrica y radiométrica se definen por su aplicación. Un instrumento puede usarse como un sistema independiente, como un medidor de iluminancia o luminancia, o combinarse con equipos auxiliares, como una esfera integradora, para formar un fotómetro de medición del flujo de una lámpara. Los instrumentos exhiben una gama considerable de precisión y exactitud; desde equipos fabricados a medida en un laboratorio nacional de metrología hasta medidores portátiles, económicos y disponibles comercialmente que se utilizan para mediciones de campo. Los tipos de instrumentos más comunes son:
• Espectroradiómetros
• Iluminancímetros
• Luminancias puntuales y de imagen
• Esferas integradoras

• Goniofotómetros de distribución
• Reflectómetros

De estos instrumentos, los espectroradiómetros, las esferas integradoras y los goniofotómetros de distribución son instrumentos especializados que se utilizan habitualmente en un laboratorio. Otros son mucho más comunes y los profesionales de la iluminación los utilizan con frecuencia en diversos aspectos de su trabajo. Se han desarrollado evaluaciones de precisión para estos instrumentos y ocasionalmente se realiza una encuesta comparativa e informes [7] [8] [20]. Las medidas de precisión importantes para estos instrumentos son las siguientes, designadas por la CIE como f1 a f5. Se han definido otros factores, pero son menos comunes.

9.6.1 FACTORES PARA TODOS LOS INSTRUMENTOS

Algunos factores que afectan la precisión son comunes a todos los instrumentos fotométricos. Los que tienen estandarizados son la corrección espectral, la linealidad, el error de visualización y la fatiga. Estos se denominan f_1', f_3, f_4 y f_5 respectivamente.

9.6.1.1 ERROR DE CORRECCIÓN ESPECTRAL, F_1 ‘

f_1' es un error determinado con respecto al iluminante A estándar de CIE (un radiador de cuerpo negro a 2856K). El f_1' se evalúa sumando los valores absolutos de la desviación de la respuesta espectral relativa de los detectores de la función V(λ). Es decir, si un detector es más sensible en azul y menos sensible en rojo que la curva V(λ), los errores positivos y negativos respectivos no se cancelan cuando se suman. La Publicación CIE No. 69 caracteriza f_i ‘ como “el grado en que la curva de respuesta espectral relativa $s(\lambda)_{rel}$ [del detector] coincide con la curva espectral de eficacia luminosa V(λ) del ojo humano para la visión fotópica”. El error espectral correcto f_1 ‘ se define como:

$$f_1' = \frac{\int_\lambda |s^*(\lambda)_{rel} - V(\lambda)|d\lambda}{\int_\lambda V(\lambda)d\lambda}100 \qquad (9.1)$$

Donde:

$s^*(\lambda)_{rel}$ = responsividad espectral relativa normalizada del detector

La capacidad de respuesta espectral relativa normalizada del detector se determina mediante una evaluación que lo compara con CIE Illuminant A:

$$s^*(\lambda)_{rel} = \frac{\int_\lambda S(\lambda)_A\, v(\lambda)d\lambda}{\int_\lambda S(\lambda)_A\, s(\lambda)_{rel}d\lambda}s(\lambda)_{rel} \qquad (9.2)$$

Donde:

$S(\lambda)_A$ = distribución espectral del iluminante A
$s(\lambda)_{rel}$ = responsividad espectral relativa del detector
$v(\lambda)$ = función de eficiencia luminosa fotópica de la longitud de onda.

9.6.1.2 ERROR DE LINEALIDAD, F_3

La linealidad de un detector es una propiedad que describe qué tan constante es la relación entre la entrada de luz y la salida del detector en un rango de medición del fotómetro. Un medidor de iluminancia que mide de 0,1 a 100 lx podría tener tres rangos de medición: 0,1-1 lx, 1-10 lx y 10-100 lx. Para cada rango de medición, se calcula el término de error f_3(Y); el mayor de los tres términos se expresa entonces como error de no linealidad, f_3, para el fotómetro. Generalmente, la mayoría de los detectores son lineales en un rango específico y se vuelven no lineales fuera de los límites establecidos. Ese rango debería indicarse. Además, la linealidad de un detector puede verse afectada por los circuitos electrónicos a los que se alimenta la salida. Para cada rango del fotómetro, la no linealidad se caracteriza por el error de linealidad f_3 definido como:

$$f_3(Y) = \left(\frac{Y_{output}\, X_{limit}}{Y_{limit}\, X} - 1\right)100 \qquad (9.3)$$

Donde:

$f_3(Y)$ = no linealidad de un rango especifico
X_{limit} = nivel máximo de iluminancia del rango
X = (típicamente) 1/10 del nivel de iluminancia máximo del rango
Y_{output} = lectura del fotómetro para la entrada X
Y_{limit} = lectura del fotómetro para entrada X_{limit}

Entonces $f_3 = f_3(Y)_{max}$.

9.6.1.3 ERROR DE VISUALIZACIÓN, f_4

Para medidores digitales muestra la incertidumbre (generalmente ±1 dígito), el valor máximo de la pantalla (1999 para una pantalla de 3 1/2 dígitos) y el error del convertidor analógico a digital (A/D) son considerados. El error de visualización f_4 se define como:

$$f_4 = \left(|f_{display}| + \frac{|k\,d|}{|P_{max}|}\right)100 \qquad (9.4)$$

Donde:

$f_{display}$ = error de visualización de lectura A/D (del fabricante)
k = factor de cambio de rango (es decir, 10 por una decena)
d = incertidumbre del visor
P_{max} = máximo valor del visor

9.6.1.3 ERROR DE FATIGA, F_5

La fatiga es un cambio en la capacidad de respuesta de los detectores, que generalmente disminuye con niveles más altos de luz incidente pero se recupera en niveles más bajos. La fatiga es prominente en los detectores de selenio. Los fotodiodos de silicio normalmente no sufren fatiga más que por efectos de la temperatura. Los cambios son temporales y reversibles. Otros factores influyen al considerar la fatiga:

- La capacidad de respuesta espectral puede cambiar.
- Los cabezales detectores sufren los efectos de la temperatura (a) así como fatiga cuando se irradian a niveles altos.
- El control termostático del cabezal del detector no elimina necesariamente los efectos de la fatiga o la temperatura.

Para calcular f_5, primero se debe mantener el detector en la oscuridad durante 24 horas antes de la prueba. Luego, el fotómetro se coloca a una distancia de una fuente (iluminante estabilizado A) de manera que el nivel máximo permitido de iluminancia caiga sobre el sensor. Luego se realizan mediciones de la salida del detector después de 10 s y 30 min. El error de fatiga f_5, se define como:

$$f_5 = \left(\frac{Y_{30\ min}}{Y_{10\ s}} - 1\right)100 \qquad (9.5)$$

Donde:

$Y_{30\ min}$ = salida del detector después de 30 min
$Y_{10\ s}$ = salida del detector después de 10 s

9.6.2 ERROR DE RESPUESTA DEL COSENO DEL MEDIDOR DE ILUMINANCIA, F_2

La respuesta del coseno significa que la salida del detector es directamente proporcional al coseno del ángulo en el que la radiación óptica incide sobre el cabezal del fotómetro. Las mediciones de iluminancia estándar en un plano normalmente se realizan utilizando un cabezal detector que tiene una respuesta coseno. Con el detector colocado frente a una fuente puntual estable, el procedimiento para calcular f_2 es cuestión de girar el detector de 0 a 85 grados, medido con respecto a la normal a la cara del detector y registrar los datos en, digamos, Intervalos de 5 grados. El error de corrección del coseno f_2 se define como:

$$f_2 = \sum_{\theta = 0°}^{85°} \left| \frac{Y(\theta)}{Y(0°)\cos(\theta)} - 1 \right| 100 \qquad (9.6)$$

Donde:

$Y(\theta)$ = salida de señal en función del ángulo de incidencia
$Y(0°)$ = salida de señal con incidencia normal
θ = Ángulo de incidencia medido desde la perpendicular al plano del detector
Los incrementos angulares dependen de la precisión de determinación de f_2

9.6.3 ERROR DE CAMPO ENVOLVENTE DEL MEDIDOR DE LUMINANCIA, F_2(u)

Los medidores de luminancia están diseñados para medir la luz dentro de un ángulo de aceptación específico. Sin embargo, ningún sistema óptico puede eliminar por completo toda la luz parásita o destellos fuera de ese ángulo de aceptación. La luz parásita que salpica el ángulo de aceptación representa otra fuente de error. f_2(u) es una medida de qué tan bien el medidor de luminancia desvía la luz desde fuera del ángulo de aceptación. El método para determinar este error implica una medición con y sin trampa de brillo (material opaco, difuso, negro) frente a una fuente de luminancia uniforme, que sea al menos 10 veces mayor que el área de aceptación. La trampa de brillo es un 10 por ciento mayor que el ángulo de aceptación. El error del campo envolvente f_2(u) se define como:

$$f_2(u) = \frac{Y(\text{surround})}{Y(\text{total}) - Y(\text{surround})} 100 \qquad (9.7)$$

Donde:

$Y(\text{surround})$ = salida del detector para medición con trampa de brillo instalada
$Y(\text{total})$ = salida del detector de campo total

Para los medidores de luminancia, la respuesta del detector también se caracteriza por f_2(g), que define la uniformidad de la respuesta del detector (es decir, su simetría espacial). Algunas áreas de la superficie del detector pueden ser más o menos sensibles que el resto del sensor.

9.7 MEDICIÓN DE ESPECTROS

Las mediciones espectrales se refieren a evaluaciones realizadas que tienen en cuenta la longitud de onda de la radiación óptica involucrada y se encuentran entre las mediciones más fundamentales que se pueden realizar de la radiación óptica de fuentes de luz y de las propiedades ópticas de los materiales que interactúan con la radiación óptica.

Existen diferentes tipos de sistemas de medición espectral para adaptarse a aplicaciones específicas, pero todos generalmente incorporan los siguientes elementos:

• Óptica de recolección para recibir y limitar la radiación a medir,

• Un monocromador que dispersa la radiación que llega a través de una rendija de entrada y selecciona un rango estrecho de longitudes de onda que envía a un detector,

• Un detector o conjunto de detectores,

• Electrónica para procesar la señal de detector o matriz, y

• Algún tipo de pantalla y conexión de salida de datos electrónicos.

En conjunto, un sistema de este tipo se denomina espectroradiómetro. El monocromador alberga un elemento dispersor, a menudo una rejilla de difracción, que separa las distintas longitudes de onda del espectro de entrada. El monocromador tiene una abertura de entrada, normalmente en forma de rendija rectangular, a través de la cual entra la radiación recogida; tal vez algunos elementos ópticos que representan la rendija de entrada en el o los elementos de dispersión; y una rendija de salida a través de la cual pasan longitudes de onda seleccionadas de la radiación dispersa.

En la mayoría de los espectroradiómetros se coloca una serie de detectores de irradiancia en la rendija de salida para medir la potencia radiante de la fuente en longitudes de onda en todo el espectro óptico. Los espectrómetros de matriz de detectores adquieren datos espectrales simultáneamente sin piezas mecánicas móviles. En los instrumentos modernos, se utilizan conjuntos de fotodiodos [11] en los que cada elemento de diodo, o línea de elementos de diodo, detecta la radiación incidente en una banda estrecha de longitud de onda, respondiendo a la irradiancia producida por el monocromador en esa banda. La resolución de la longitud de onda depende de la sensibilidad del detector y de la estrechez de las bandas. Las rejillas de alta dispersión y los elementos de matriz estrecha permiten resoluciones espectrales de 1/2 nm. Los fotodiodos de silicio no exhiben una respuesta espectralmente plana, por lo que los espectroradiómetros detectores de matriz tienen capacidades internas de procesamiento de datos para tener en cuenta las variaciones de sensibilidad de los elementos del diodo de la matriz a través del espectro óptico. Otros parámetros de calibración también se manejan electrónicamente. Los conjuntos de fotodiodos de silicio escaneados electrónicamente proporcionan una determinación casi instantánea de la distribución de potencia espectral [12]. La Figura 9.1 muestra un diagrama esquemático de un espectroradiómetro de difracción y un detector de matriz. En algunos instrumentos de alta precisión y sensibilidad, el detector es un tubo fotomultiplicador que se fija en la ranura de salida del monocromador. La salida espectralmente dispersa del monocromador se barre a través de la ranura de salida girando mecánicamente el elemento de dispersión. Existen pautas y estándares de la industria para mediciones espectro radiométricas, que cubren instrumentación, procedimientos de calibración y medición, y reducción de datos [13] [14] [15].

9.7.1 USO DE ESPECTRORADIÓMETROS

Los espectroradiómetros se utilizan de varias maneras:

• Miden la distribución de potencia espectral (SPD) relativa y absoluta de las fuentes, la radiancia y la irradiancia espectral, la reflectancia y transmitancia espectral y la dispersión espectral [16]. En cada caso, los componentes básicos son los descritos anteriormente, siendo la diferencia cómo se muestrea la radiación y qué tipo de estándar de comparación espectral se requiere.

• Medir las respuestas espectrales relativas de los detectores. Los detectores radiométricos deben exhibir una respuesta espectralmente plana en un rango establecido de longitudes de onda. Los detectores fotométricos deben exhibir una respuesta espectral definida por la función de eficiencia luminosa fotópica. En ambos casos, se pueden probar equipos de medición y/o diseñar componentes utilizando mediciones espectroradiométricas.

• Utilizados como espectrofotómetros. En este caso la respuesta espectral no es plana sino que debería ser la función de eficiencia luminosa fotópica. En la mayoría de los espectroradiómetros modernos, esta conversión de evaluación radiométrica a fotométrica se realiza electrónicamente, no se realiza ningún ajuste o filtrado en el flujo que cae sobre el detector de matriz. Aunque se le llama espectrofotómetro debido a su aplicación principal a mediciones en el espectro visible, este tipo de instrumento a menudo se utiliza diseñado para medir la radiación UV e IR cercana. De hecho, algunos espectrofotómetros están diseñados específicamente para mediciones UV o IR. La reducción del coste y tamaño de los componentes electrónicos y el aumento de la precisión y fiabilidad de las rejillas de difracción ha permitido el desarrollo de espectroradiómetros muy compactos. Actualmente son comunes los espectroradiómetros portátiles para determinar la radiancia espectral y la luminancia.

9.7.1.1 MEDICIÓN DE LA SPD

Se utiliza un espectroradiómetro para medir la SPD de fuentes de luz. Generalmente se emplean dos métodos. En el primero, la óptica colectora del sistema dirige la radiación óptica hacia una pequeña esfera integradora o placa difusora

situada delante de la ranura de entrada del monocromador. Esta geometría se utiliza normalmente para medir la irradiancia espectral de una fuente de luz. En el segundo método, la óptica del sistema dirige la radiación desde una fuente uniforme que integra una esfera, un objetivo difuso irradiado altamente reflectante o una lámpara de emisión difusa, hacia la rendija de entrada del monocromador. Por convención, los gráficos de SPD relativos están normalizados para que su potencia máxima sea igual a 100, aunque en algunos casos los gráficos de SPD relativos están normalizados para que el valor a 560 nm sea igual a 100 [17]. El ancho de banda de la longitud de onda depende del instrumento utilizado y de los requisitos de los datos. Consulte 1.4.2 Datos de potencia espectral para obtener una discusión sobre el significado y la presentación de los datos SPD.

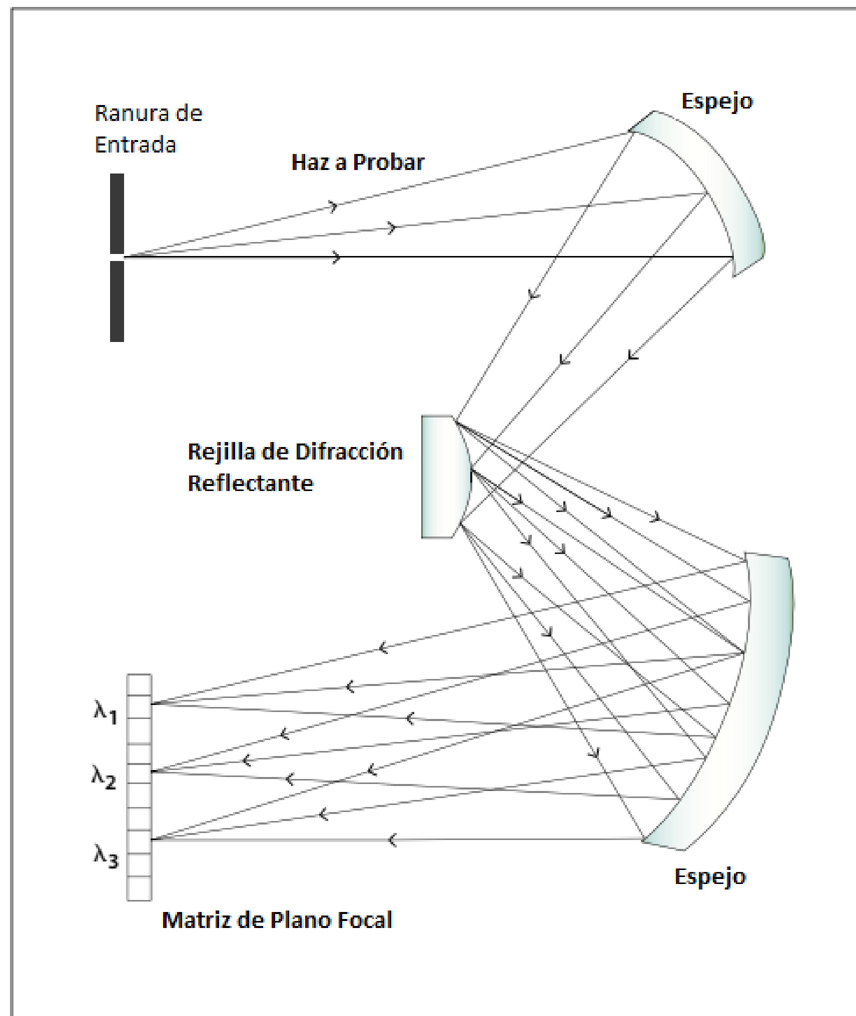
9.7.1.2 REFLECTANCIA Y TRANSMITANCIA ESPECTRAL

Un espectrofotómetro se utiliza para determinar las propiedades de reflectancia y transmitancia espectral de los materiales. En algunos instrumentos de reflectancia, los estándares se utilizan para permitir la comparación de la radiación óptica reflejada por un estándar con la de una muestra de medición, a través de bandas de longitud de onda individuales. La transmitancia espectral a menudo se logra dividiendo el haz de radiación óptica de banda estrecha de un monocromador en dos y pasando uno a través de la muestra que se va a medir. La comparación de los dos haces revela la absorción de la muestra en esa estrecha banda de longitud de onda. Consulte 1.5.1.1 Reflexión y 1.5.1.2 Transmisión para ver ejemplos de datos de reflectancia y transmitancia espectral.

La reflectancia espectral puede variar con la incidencia y las direcciones existentes. Se han desarrollado estándares para las condiciones y procedimientos de medición de reflectancia y transmitancia espectral [18], específicamente cuando estas cantidades se utilizan para determinar el color del objeto y para proporcionar un medio para examinar el color de un material para su análisis, estandarización y especificación [19]. Consulte 6.1.3 Color del objeto.

FIGURA 9.1 | ESPECTRORADIÓMETRO

Diagrama esquemático de un espectroradiómetro que utiliza espejos y una rejilla de difracción como monocromador y una serie de fotodiodos de silicio como detector de espectro completo. Algunas implementaciones utilizan sólo un espejo, otras utilizan una lente para ampliar o enfocar.



9.8 MEDICIÓN DE ILUMINANCIA

Debido a que las recomendaciones de iluminancia son una parte común e importante del diseño de iluminación, la iluminancia es el tipo de medición fotométrica más común que se realiza. También son comunes porque la iluminancia es conceptualmente simple. Las mediciones de iluminancia se utilizan para verificar el rendimiento del sistema de iluminación y el logro de los objetivos de diseño.

9.8.1 MEDIDORES DE ILUMINANCIA

Dado que las mediciones de iluminancia son relativamente comunes, los medidores de iluminancia comerciales están disponibles en una amplia gama de calidad y capacidad. Los medidores de iluminancia más simples consisten en un fotodiodo con un filtro de corrección fotópica. El fotodiodo está conectado a un amplificador operacional con pantalla. Pueden ser de mesa, de montaje en bastidor o portátiles. Pueden estar encerrados en una caja o, como es más común con los fotómetros de laboratorio, el detector y el filtro pueden estar en un módulo que está conectado mediante un cable a una consola, a una distancia conveniente, que contiene el amplificador y la pantalla. El esquema eléctrico puede ser desde un simple amplificador con controles manuales hasta un microprocesador programado con rutinas de calibración, medición y conversión de unidades de visualización. Algunos medidores incluyen puertos de comunicación para operación remota y manipulación de datos. En la Figura 9.2 se muestran ejemplos de instrumentos comerciales.

9.8.2 RESPUESTA ANGULAR

Por definición, los medidores de iluminancia deben exhibir una respuesta al flujo incidente que disminuye con el coseno del ángulo de incidencia. Los detectores planos y los filtros correctores de respuesta no tienen este tipo de respuesta, por lo que el detector de un medidor de iluminancia suele estar especialmente configurado para acercarse a la llamada respuesta coseno. Los detectores utilizados en la mayoría de los fotómetros de iluminancia ahora tienen cubiertas difusoras o algún medio para corregir las lecturas a una respuesta coseno verdadera. Las soluciones al problema del coseno incluyen colocar sobre el detector un vidrio opalino con destellos, un disco acrílico difusor o una esfera integradora con un puerto de entrada con borde de cuchillo. Sin embargo, con el vidrio opalino flasheado y el disco acrílico difusor en ángulos de incidencia altos, la luz se reflejará de forma especular, por lo que las lecturas seguirán siendo demasiado bajas. Esto se puede compensar permitiendo que la luz entre por los bordes del difusor. Las lecturas en ángulos muy altos serán entonces demasiado altas, pero se pueden corregir utilizando un anillo de detección. La adición de ópticas auxiliares para mejorar la respuesta del coseno puede afectar la respuesta fotométrica y direccional. CIE [20]

Los iluminancímetros de baja calidad pueden presentar una respuesta inexacta en ángulos grandes con respecto a lo normal, con errores de hasta un 25 % por debajo del valor de iluminancia real. Esto puede ser importante al realizar mediciones de iluminancia en un espacio diurno con fuerte iluminación lateral. Las mediciones de iluminancia producida por la luz desde ángulos de alta incidencia pueden generar errores graves si el medidor de iluminancia tiene una corrección de respuesta espacial deficiente en ángulos elevados. Pueden surgir problemas similares en las mediciones de la iluminancia de carreteras y campos deportivos desde luminarias distantes.

FIGURA 9.2 | MEDIDORES DE ILUMINANCIA

Medidores de iluminancia portátiles comerciales. Cabezal detector integral (derecha) y detector remoto externo (izquierda). » Imagen ©Konica Minolta



Incluso con una buena corrección de la respuesta espacial, el cabezal del medidor de iluminancia debe estar nivelado o exactamente paralelo al plano de medición previsto. Esto es particularmente importante durante la fotometría de sistemas de iluminación donde la luz se recibe de una o una pequeña cantidad de fuentes discretas, como en la iluminación de carreteras. Hay instrumentos disponibles en los que el detector está montado en un cardán y es autonivelante. Esto elimina los problemas al intentar medir la iluminancia horizontal en superficies irregulares o inclinadas.

9.8.3 RESPUESTA ESPECTRAL

La mayoría de los medidores de iluminancia alteran la respuesta espectral del elemento detector con filtros espectrales especialmente construidos que, cuando se combinan con el detector, producen un sistema con una respuesta espectral que se acerca a la función V(λ). Consulte 9.4.2 Respuesta espectral del detector.

9.9 MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD

La intensidad luminosa casi siempre se determina de forma indirecta: se infiere un valor de intensidad utilizando la ley del coseno del cuadrado inverso, una medición de la iluminancia y la distancia a la que se realiza la medición de la iluminancia. Es decir, se determina la intensidad luminosa efectiva. Ver Ecuación 5.4 en la sección 5.7.2.1 Intensidad Luminosa Equivalente. Para casi todas las determinaciones de intensidad luminosa equivalentes

$$I = E\,D^2 \qquad (9.8)$$

Donde:

E = iluminancia medida producida por la fuente
D = distancia de prueba desde la fuente al plano de medición de iluminancia

Esto supone que el plano de medición de iluminancia es perpendicular a una línea que va desde la fuente al detector de iluminancia y que la fuente es esencialmente un punto luminoso. Para fuentes grandes, este proceso da la intensidad luminosa equivalente. Consulte 5.7.2 Intensidad luminosa y 10.3.1 Fotometría de luminarias para realizar cálculos. En la mayoría de los casos, se determina la intensidad luminosa de campo lejano y esto requiere una distancia de prueba significativamente mayor que la dimensión luminosa más grande de la fuente. Para luminarias arquitectónicas, esto puede implicar distancias de prueba superiores a 8 m (25 pies).

9.9.1 FOTOMETRÍA DE BANCO ÓPTICO

Las fuentes se pueden medir en un fotómetro de banco óptico si se desea la intensidad luminosa en una dirección particular o una intensidad luminosa horizontal media. Los fotómetros ópticos de mesa proporcionan un medio para montar fuentes y detectores en alineación adecuada y un medio para determinar fácilmente estas distancias relativas entre ellos. Si la fuente tiene una intensidad luminosa desconocida y está lo suficientemente distante de un detector calibrado como para que su radiación pueda tratarse espacialmente como si emanara de un punto, se puede utilizar la ley del cuadrado inverso para calcular la intensidad desconocida a partir de la iluminancia determinada por el detector calibrado. Se trata de una determinación de la intensidad luminosa absoluta.

9.9.2 FOTOMETRÍA DE DISTRIBUCIÓN

Una serie de mediciones de intensidad luminosa alrededor de una fuente caracterizan su distribución de intensidad. Estas mediciones se realizan con una combinación de fotómetro y goniómetro, generalmente denominado goniofotómetro. La fuente puede ser una lámpara o una luminaria. La intensidad se determina en una serie de posiciones alrededor de la fuente en un conjunto de ángulos que abarcan direcciones apropiadas para la fuente y a intervalos suficientemente pequeños para proporcionar una densidad de información consistente con el uso previsto de los datos y la naturaleza de

la fuente. El sistema de coordenadas utilizado para estos ángulos depende de la construcción del goniofotómetro y de los tipos de fuentes que se pretende medir.

Como se describe en 8.4.2.1 Distribución de la Intensidad Luminosa, existen tres tipos comunes de sistemas de coordenadas angulares utilizados en fotometría de distribución, Tipo A, Tipo B y Tipo C [21]. Como cuestión práctica, la mayoría de los fotómetros de distribución involucran el sistema de coordenadas del Tipo C y si se requieren datos fotométricos en forma del Tipo B, se obtienen interpolando los datos del Tipo C. El sistema Tipo A se utiliza ampliamente para la fotometría de dispositivos automotrices. Los fotómetros de distribución para fuentes relativamente pequeñas requieren distancias de prueba concomitantemente pequeñas y los instrumentos pueden ser relativamente compactos y caber en laboratorios de espacios pequeños. Los equipos de iluminación arquitectónica suelen ser grandes y requieren distancias de prueba grandes. Por esta razón, el tipo de fotometría de distribución más común utilizado para la fotometría de equipos de iluminación arquitectónica es el goniofotómetro de espejo móvil. En este instrumento, la lámpara o luminaria tiene una posición fija y gira únicamente alrededor de un eje vertical. Esto mantiene fija la posición de la lámpara o luminaria con respecto a la gravedad y al movimiento térmico del aire. En otra posición fija se encuentra un detector de iluminancia. Un espejo gira alrededor de la lámpara o luminaria en una de las direcciones de distribución requeridas, doblando el camino óptico desde la lámpara o luminaria hasta el detector fijo. La Figura 9.3 muestra un goniofotómetro comercial. El uso de espejos en fotómetros de distribución permite que las posiciones de la fuente y el detector permanezcan fijas y doble la trayectoria óptica de modo que se puedan acomodar grandes distancias de prueba en espacios relativamente pequeños. El uso de espejos puede ser una fuente de error si la fuente que se mide produce luz fuertemente polarizada, ya que la reflectancia del espejo puede cambiar significativamente con la dirección incidente de la luz fuertemente polarizada. Los espejos de la superficie posterior también pueden introducir errores espaciales y de refracción que los espejos de la superficie frontal no presentan.

FIGURA 9.3 | GONIOFOTÓMETRO

El Goniofotómetro comercial con posición fija de luminaria y espejo giratorio. El operador ajusta una luminaria en el soporte, que se baja para realizar tareas de mantenimiento. Durante las mediciones, el soporte se eleva a lo largo del carril vertical para alinear el centro fotométrico de la luminaria con el eje de rotación del espejo.

1 Eje de rotación del espejo principal

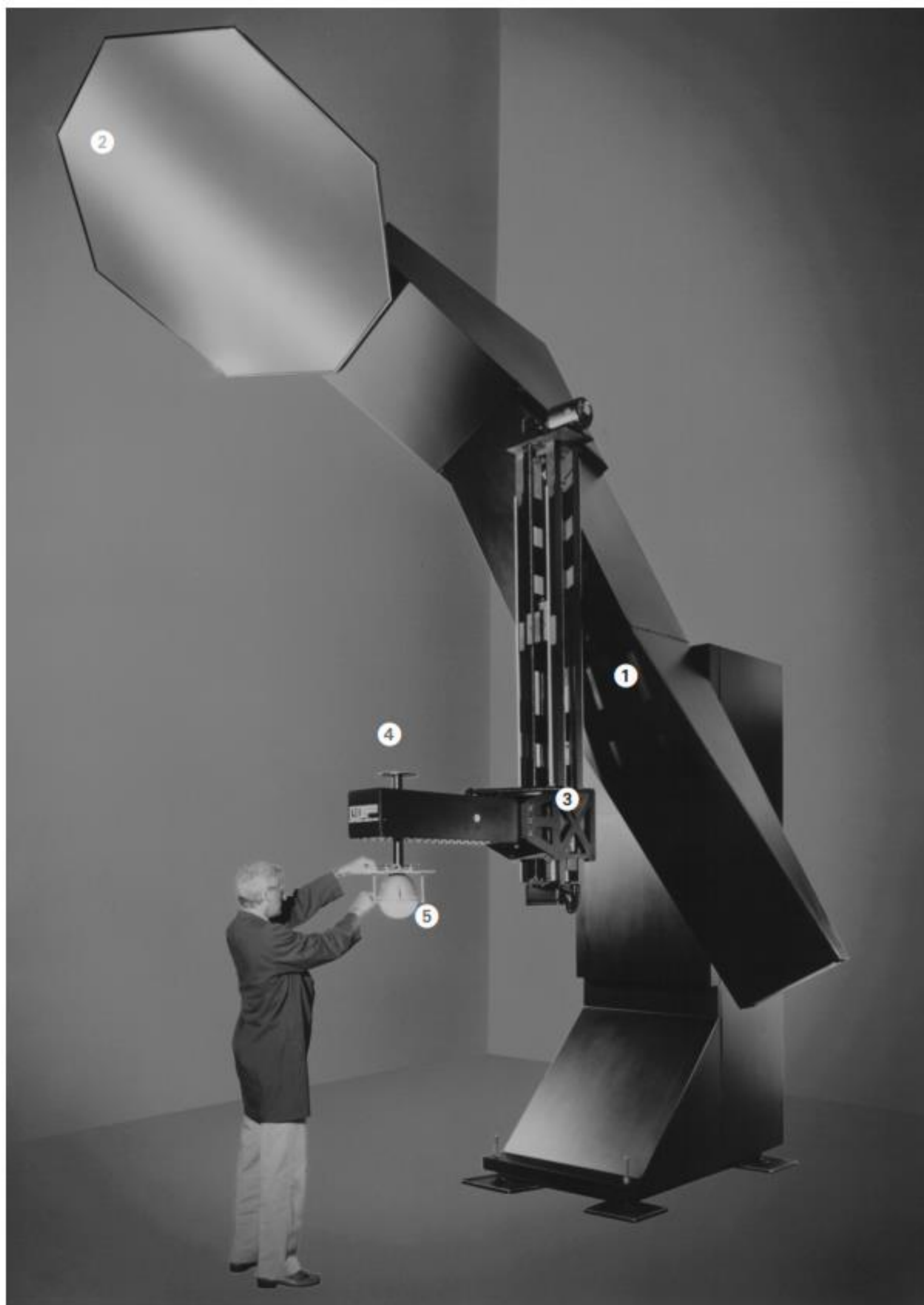
2 Espejo

3 Soporte de luminaria, mueve la luminaria horizontal y verticalmente para posicionarla en la intersección de los dos centros de rotación del goniómetro; que es el centro fotométrico.

4 Eje de rotación azimutal de la luminaria

5Luminaria de prueba

» Imagen ©Lighting Sciences



9.10 MEDICIÓN DEL FLUJO

Las mediciones del flujo luminoso se utilizan en fotometría de lámparas y luminarias. Lúmenes de lámpara, lúmenes de luminaria y parámetros de eficiencia de luminaria que requieren la determinación del flujo. El flujo se puede medir directamente, como se describe en esta sección, o determinarse indirectamente a partir de una distribución de intensidad luminosa, como se describe en 9.13.6.1 Lúmenes zonales.

9.10.1 ESFERA INTEGRADORA

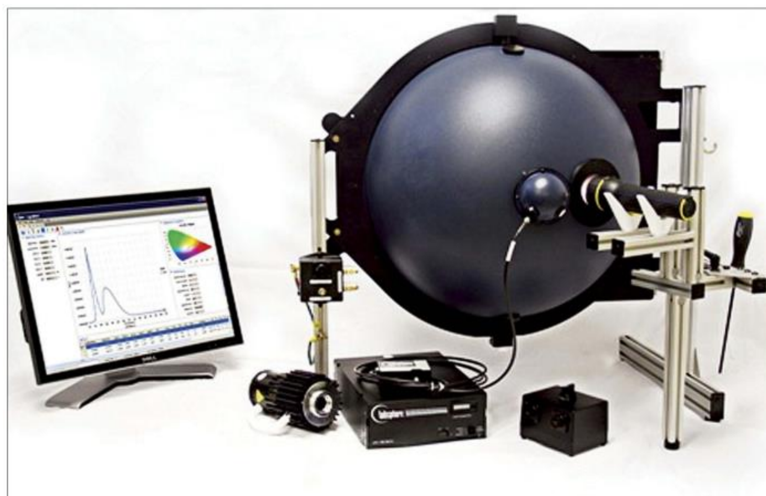
El fotómetro de esfera integradora se utiliza para medir el flujo luminoso total de una fuente. El tipo más común es la esfera de Ulbricht [22]. La teoría de la esfera integradora supone una esfera vacía cuya superficie interior es perfectamente difusa y de reflectancia uniforme y no selectiva. Cada punto de la superficie interior se refleja entonces hacia todos los demás puntos y por lo tanto, la iluminancia en cualquier punto se compone de dos componentes: el flujo que proviene directamente de la fuente y el que se refleja desde otras partes de la pared de la esfera. Con estos supuestos, se deduce que la iluminancia y también la luminancia, de cualquier parte de la pared debido únicamente a la luz reflejada es proporcional al flujo total de la fuente, independientemente de su distribución. La luminancia de una pequeña área de la pared, o la luminancia de la superficie exterior de una ventana transmisora uniformemente difusa en la pared, cuando está cuidadosamente protegida de la luz directa de la fuente pero recibe luz de otras partes de la esfera, es por lo tanto un valor relativo en la Medición del flujo luminoso total de la fuente. La Figura 9.4 muestra la esfera integradora tipo Ulbricht con un interior blanco difuso de alta reflectancia.

La presencia de una fuente que tiene dimensiones finitas, sus soportes y conexiones eléctricas, los deflectores o escudos necesarios, los accesorios auxiliares y la ventana o puertos de salida son desviaciones de los supuestos básicos de la teoría de la esfera integradora. Si bien ahora se encuentran disponibles recubrimientos y materiales difusos duraderos de alta reflectancia para interiores de esferas, ninguno exhibe las propiedades ideales de difusividad perfecta y no selectividad espectral. A pesar de estas limitaciones, si la fuente de referencia y la fuente de prueba son similares en forma, tamaño, características de reflectancia de superficie y patrones de distribución de luz, los errores introducidos por una integración imperfecta pueden ser pequeños. Para mediciones precisas de fuentes diferentes de la fuente de referencia, se deben aplicar correcciones por autoabsorción, falta de coincidencia espectral y falta de uniformidad espacial, que son inherentes a la fotometría de medición con lámpara esférica integradora [23] [24].

Una alternativa al método de sustitución utiliza una esfera integradora con una fuente externa, como se muestra en la Figura 9.5 [25]. En esta geometría, el flujo luminoso total de una fuente en la esfera integradora se calibra frente a una fuente de referencia externa calibrada para la iluminancia, en una apertura fuera de la esfera integradora. El flujo luminoso total de la fuente externa se puede determinar a partir de la iluminancia conocida producida por el estándar externo y área de apertura. Además, se pueden conectar otros detectores al puerto de salida de la esfera integradora, creando, por ejemplo, un espectroradiómetro de esfera integradora.

FIGURA 9.4 | ESFERA INTEGRADORA

Esfera integradora comercial con fuente remota de alimentación y visualización de medidas. » Imagen ©Labsphere

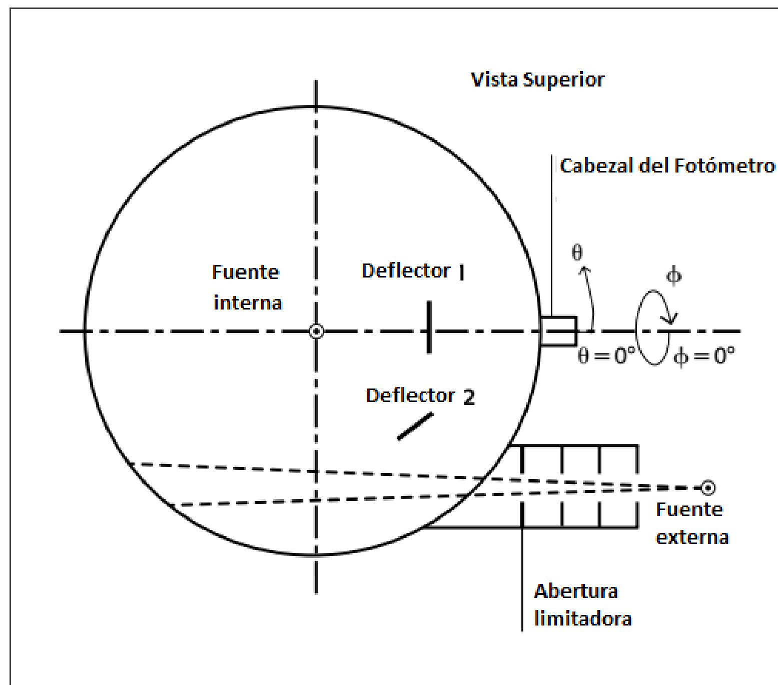


9.11 MEDICIÓN DE LUMINANCIA

Los medidores de luminancia son esencialmente medidores de iluminancia con la adición de ópticas adecuadas para generar imágenes de un objeto en el detector. Operan según el principio plasmado en la ecuación que relaciona iluminancia, luminancia y ángulo sólido:

FIGURA 9.5 | MEDICIÓN DE FLUJO UTILIZANDO UNA ESFERA INTEGRADORA

Estándar de investigación que integra una esfera utilizando una fuente externa para medir el flujo desde una fuente dentro de la esfera.



$$E = L\,\Delta\omega\cos(\xi) \tag{9.9}$$

Donde:

L = **Luminancia del objeto**
$\Delta\omega$ = **ángulo sólido subtendido por la fuente hasta el punto de medición de iluminancia**
$\cos(\xi)$ = **coseno del ángulo entre la dirección del objeto, el ángulo sólido y la perpendicular del plano de la luminaria**
E = **iluminancia producida por el objeto**

Si el plano de medición de la iluminancia es perpendicular a la fuente, la ecuación 9.9 se puede reorganizar como

$$L = \frac{E}{\Delta\omega} \tag{9.10}$$

Es decir, la luminancia se puede determinar a partir de una medición de iluminancia realizada a través de una abertura límite de ángulo sólido conocido. En muchos medidores de luminancia, se proporciona un medio para ver el objeto de modo que el usuario pueda ver el área que se está midiendo así como el campo circundante. Debido a la similitud de este

sistema óptico con un telescopio, estos instrumentos también se denominan telefotómetros. Cambiar la distancia focal de la lente del objetivo cambia el campo de visión y el tamaño del campo de medición. Algunos sistemas tienen aperturas de varios tamaños para definir mejor el área medida. Se pueden seleccionar campos de medición angulares desde segundos de arco hasta varios grados. Normalmente, los medidores de luminancia modernos utilizan fotodiodos de silicio o PMT. La sensibilidad del amplificador puede seleccionarse manualmente o automáticamente. Se pueden incorporar filtros de color para mediciones de color y filtros de densidad neutra para ampliar el rango dinámico. Los fotodetectores suelen ser fotodiodos para instrumentos portátiles y de baja sensibilidad y PMT para instrumentos de alta sensibilidad. La mayoría de los instrumentos tienen al menos un rango dinámico de sensibilidad de cuatro y muchos incorporan pantallas de atenuación o filtros de densidad neutra para un rango adicional. El esquema eléctrico puede ser desde un simple amplificador con controles manuales hasta un microprocesador programado con rutinas de calibración, medición y conversión de unidades de visualización. Algunos medidores incluyen puertos de comunicación para operación remota y manipulación de datos.

9.11.1 MEDIDORES DE LUMINANCIA PUNTUAL

Un tipo común de medidor de luminancia determina la luminancia en un área relativamente pequeña, que normalmente subtiende 3° o menos hasta el punto de observación.

9.11.1.1 MEDIDORES PUNTUALES CON DIVISOR DE HAZ

Este tipo de fotómetro emplea un divisor de haz detrás de la lente del objetivo que divide la radiación entrante en dos caminos. Aproximadamente la mitad de la radiación pasa a través del divisor de haz y se enfoca en una abertura que define el campo de medición. La radiación que pasa a través de la apertura se puede medir con un PMT o un detector de estado sólido. La radiación reflejada por el divisor de haz se enfoca en una retícula que tiene un patrón grabado con las mismas dimensiones que la abertura de medición. Un sistema de visualización con un ocular permite al usuario ver el campo de visión y un contorno del área que se está midiendo. La retícula debe estar cuidadosamente alineada con el campo de medición. Las lecturas suelen estar en cd/m^2 o cd/ft^2. Algunos instrumentos pueden incluir opciones de filtro colorimétrico. Las capacidades del campo de visión pueden oscilar entre 0,25° y 10°, con una sensibilidad que oscila entre 10^{-2} y 10^6 cd/m^2. Figura 9.6 muestra un medidor de luminancia puntual con divisor de haz disponible comercialmente. Aunque se pueden realizar buenas mediciones con este tipo de instrumento, tiene algunas desventajas notables. Entre ellas se encuentran la pérdida de iluminación tanto del detector y el espectador; introducción de polarización, que afecta la medición de fuentes polarizadas; y la dificultad de cambiar aperturas y retículas para diferentes campos de medición. En general, un instrumento de bajo costo que utilice un divisor de haz proporcionará una ubicación adecuada pero no exacta del punto medido.

FIGURA 9.6 | MEDIDORES DE LUMINANCIA COMERCIALES

Un medidor de luminancia puntual comercial con divisor de haz (izquierda) y un medidor de luminancia puntual comercial con espejo de apertura (derecha). Ambos medidores de luminancia requieren un enfoque adecuado para producir mediciones precisas. » Imagen izquierda ©Konica Minolta » Imagen derecha ©Photo Research



9.11.1.2 FOTÓMETROS DE ESPEJO DE APERTURA

La mayoría de los problemas del medidor puntual del divisor de haz son solucionados por el fotómetro de espejo de apertura. No hay ningún divisor de haz que introduzca errores de polarización o reduzca el brillo en la apertura de medición o en la imagen vista. La imagen formada por la lente del objetivo incide sobre un primer espejo de superficie acodado con un orificio pasante para la abertura de medición. La óptica de visualización se centra en la apertura, que aparece como un círculo negro. El campo alrededor de la abertura de medición se ve claramente en el ocular. Esta disposición permite cambiar las aperturas sin la necesidad de cambiar también las retículas alineadas con precisión. Una desventaja del fotómetro de espejo de apertura es que si se visualiza una pequeña fuente dentro de la apertura de medición, no se puede ver en la óptica de visualización. Los instrumentos de esta clase suelen emplear detectores de alta calidad, uno o más filtros multiplicadores de rango de densidad neutra, opciones de lentes y cierto grado de capacidad colorimétrica. Están disponibles con control por microprocesador interno y capacidad de lectura directa de luminancia en varias unidades, coordenadas de cromaticidad de color y temperatura de color. La sensibilidad de escala completa de los mejores instrumentos de laboratorio oscila entre 10^{-4} y 10^{8} cd/m^2. La Figura 9.6 muestra un medidor de luminancia de punto de espejo de apertura disponible comercialmente.

9.11.2 MEDIDORES DE LUMINANCIA DIGITALES

Los avances en los dispositivos de imágenes han proporcionado una poderosa herramienta para mediciones de luminancia de escenas completas. Las cámaras equipadas con una matriz de dispositivo de carga acoplada (CCD) pueden capturar y digitalizar imágenes electrónicas de escenas visuales [26] [27] [28]. Siempre que se apliquen los controles adecuados, la imagen digital se puede utilizar para determinar la luminancia en cada punto de la escena, correspondiente a los píxeles de la matriz CCD de la cámara. La Figura 9.7 muestra un ejemplo de un medidor de luminancia comercial basado en CCD.

Se puede realizar y guardar una captura fotométrica completa. Como la información se proporciona en forma digital, se pueden analizar funciones complicadas de las imágenes de luminancia e informar sobre uniformidad, contraste, características espaciales y otros valores fotométricos. Algunos sistemas también proporcionan valores de cromaticidad.

FIGURA 9.7 | MEDIDOR DE LUMINANCIA DE IMÁGENES COMERCIAL

Un medidor de luminancia de imágenes comercial. » Imagen ©Photo Research



Esta forma de fotometría requiere que se controlen muchos factores en el instrumento y el software para obtener resultados precisos. El CCD y los accesorios ópticos deben ser de alta calidad. Se requieren ajustes de “aplanamiento de campo” para todas las lentes que distorsionan espacialmente la imagen al menos hasta cierto punto. Para medir el rango dinámico completo de luminancias en la mayoría de las escenas interiores, los sistemas anteriores de 8 bits requerían la captura de múltiples imágenes con diferentes configuraciones de exposición. Hoy en día, hay disponibles sistemas de 16 bits que cubren un rango dinámico de más de 65.000:1. Puede ser necesario enfriar la matriz CCD para luminancias bajas para reducir el ruido y la corriente oscura, aumentar el límite de detección y minimizar los efectos de la temperatura ambiente. Las aplicaciones de los fotómetros de imágenes incluyen la distribución de energía de lámparas (por ejemplo, reflectores y faros de automóviles), control de calidad de la línea de producción, uniformidad de luminancia de una escena proyectada y análisis complicados en la iluminación de la escena.

9.12 MEDICIÓN DE REFLECTANCIA Y TRANSMITANCIA

La reflectancia y la transmitancia son propiedades básicas de los materiales arquitectónicos y generalmente se utilizan para expresar las propiedades generales de un material: flujo total reflejado o transmitido, en relación con el flujo incidente. Consulte 5.8.1 Reflectancia y 5.8.2 Transmitancia.

Esta sección analiza la reflectancia y transmitancia espectralmente integradas. Consulte 9.7.1.2 Reflectancia y transmitancia espectral para mediciones espectrales.

Generalmente, la reflectancia y la transmitancia no son simplemente una propiedad de un material. Más bien, también dependen de la geometría de medición, es decir, de la relación espacial entre la fuente y el detector. En algunos casos, se

mide y especifica la reflectancia o transmitancia bidireccional, en otros se miden y reportan valores espacialmente integrados.

9.12.1 REFLECTÓMETROS Y TRANSMITÓMETROS

Los reflectómetros son fotómetros de medición de reflectancia. Las mediciones de reflectancia normalmente se dividen en tres categorías: difusa, especular y una combinación de reflectancias especular y difusa. El diseño del reflectómetro y el método de medición dependen de las propiedades de reflectancia del material de muestra y del tipo de reflectancia que se desea medir [29].

La fracción de la luz incidente reflejada puede ser difícil de determinar directamente, particularmente para la reflexión difusa, por lo que en algunos casos la reflectancia se expresa como un *factor de reflectancia*:

FIGURA 9.8 | REFLECTÓMETRO COMERCIAL

Los reflectómetros a menudo están diseñados específicamente para mediciones de superficies y acabados. Se trata de un reflectómetro solar con múltiples fuentes y filtros para la medición de la reflectancia en el amplio espectro de radiación óptica producida por el sol. » Imagen ©Devices and Services.



la relación entre la reflectancia de una muestra y la de un estándar de reflectancia bajo la misma geometría de medición. Tres estándares de reflectancia comúnmente usados son un espejo de superficie frontal pulido, un vidrio negro pulido que tiene un índice de refracción específico y un reflector difuso total (por ejemplo, $BaSO_4$).

En un método comúnmente usado para medir la reflectancia total, la muestra es iluminada por un cono estrecho de luz desde un ángulo dado, típicamente 10° o menos desde la normal a la superficie de la muestra y la luz reflejada se recoge sobre todo el hemisferio que rodea la muestra. Se dice que los instrumentos de este tipo emplean un cono de geometría hemisférica. Ver 5.8.1 Reflectancia. La Figura 9.8 muestra un ejemplo de un reflectómetro comercial. La recolección de flujo hemisférico a menudo se logra por medio de una esfera integradora con un detector, dispuesto de manera que no

reciba luz reflejada directamente desde la muestra sino que desde la pared de la esfera. De esta manera, la señal es proporcional al flujo total reflejado por la muestra. Se puede usar una técnica similar para medir la transmitancia. El mismo tipo de instrumento también se puede usar para medir sólo esa parte de la luz que se refleja difusamente. Un ejemplo de una muestra que se podría medir de esta manera es una con una superficie dieléctrica muy suave que refleja fuertemente al dispersarse pigmentos u otras inclusiones debajo de la superficie. En este caso, la luz reflejada especularmente desde la muestra puede escapar a través de un puerto de sustracción especular en la pared de la esfera, donde se puede colocar una trampa de luz para absorber el haz reflejado especular.

Para medir el color, a menudo se utiliza un reflectómetro 45/0 para evaluar el carácter espectral de la luz reflejada de forma difusa. La fuente y el detector están montados de forma fija en la misma carcasa. La luz incide sobre la superficie desde un ángulo de 45° y el detector se coloca encima y normal a la superficie de la muestra. Las reflectancias de muestras planas se pueden medir de muchas maneras. Un método emplea un reflectómetro que compara, con la ayuda de un espejo auxiliar, el flujo incidente con el flujo después de dos reflexiones de la muestra. Un reflectómetro de este tipo suele estar disponible como accesorio de los espectrofotómetros comerciales. Otro método emplea un goniofotómetro que permite al usuario colocar la fuente de luz y el detector en cualquier ángulo conocido. En algunos modelos, el porta muestras también se puede reposicionar. Las aplicaciones del goniofotómetro incluyen mediciones de brillo, lustre y turbidez. Otro tipo de instrumento, el reflectómetro de esfera de Taylor Baumgartner, mide la reflectancia total. Consiste en una esfera integradora, una fuente de luz y un fotodiodo. La muestra se coloca en el puerto de muestra de la esfera integradora. Se dirige un haz de luz colimado sobre la muestra desde aproximadamente 30° con respecto a la normal, y el fotodiodo montado en la pared de la esfera mide la luz total reflejada, integrada por la esfera. Luego se gira la fuente de luz colimada para que la luz incida sobre la pared de la esfera y se toma una segunda lectura. La muestra está en su lugar durante ambas mediciones, de modo que el efecto en ambas lecturas del área pequeña de la superficie de la esfera que ocupa es el mismo. La relación entre la primera lectura y la segunda es la reflectancia de la muestra para las condiciones de la prueba. Las muestras de materiales translúcidos deben estar respaldadas por una trampa de luz.

9.12.2 MEDICIÓN DE LA REFLECTANCIA EN EL CAMPO

La reflectancia de una superficie arquitectónica en el campo se puede determinar mediante el método de sustitución y una tarjeta de reflectancia estándar. Las mediciones de luminancia se realizan en un punto situado, por ejemplo, en una pared. La tarjeta de reflectancia estándar se coloca sobre el mismo punto y se mide su luminancia. La reflectancia de la pared en ese punto es aproximadamente igual a la reflectancia de la tarjeta estándar multiplicada por la relación de las dos mediciones de luminancia, como se muestra en la ecuación 9.11.

$$\rho_{\text{superficie}} = \rho_{\text{estándar}} \frac{L_{\text{superficie}}}{L_{\text{estándar}}} \qquad 9.11$$

Aunque útil, esta aproximación está sujeta a un gran error si la superficie que se mide es muy especular o la iluminación en el punto es muy direccional.

9.13 FOTOMETRÍA DE LÁMPARA

La fotometría de lámparas es la medición de diversas propiedades fotométricas de lámparas que funcionan en condiciones generalmente consistentes con aplicaciones típicas. Estas propiedades pueden incluir el total de lúmenes emitidos, la distribución de intensidad y la distribución de potencia espectral. Dado que las lámparas son dispositivos eléctricos y sus propiedades fotométricas son a veces funciones sensibles del suministro eléctrico [30], las características

y condiciones de funcionamiento eléctrico de las lámparas se anotan y controlan cuidadosamente durante las pruebas. De manera similar, algunas lámparas tienen propiedades fotométricas que dependen de su temperatura de funcionamiento y por lo tanto, la temperatura de funcionamiento debe observarse y controlarse cuidadosamente durante las pruebas [31]. Por estas razones, la “fotometría de lámpara” generalmente implica una cantidad considerable de monitoreo, pruebas e informes eléctricos y térmicos, además de las pruebas fotométricas.

Algunas lámparas requieren equipos auxiliares como arrancadores, balastos o controladores. A menudo, aunque no siempre, existen versiones de referencia de este equipo que funcionan con un rendimiento de referencia y proporcionan condiciones eléctricas de referencia para la lámpara que se está probando.

9.13.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMPARAS

Las lámparas se caracterizan por sus propiedades eléctricas, radiantes, luminosas y de vida útil. Ver 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. Dependiendo del tipo de lámpara y del uso previsto de los datos, las pruebas de lámparas pueden incluir lo siguiente.

Propiedades eléctricas

- Voltajes de operación, arranque y reencendido
- Voltajes de los electrodos
- Corriente
- Potencia
- Factor de potencia

Propiedades radiantes:

- Eficiencia total
- SPD
- CRI, CCT, coordenadas de cromaticidad

Propiedades fotométricas:

- Flujo total
- Eficacia
- Distribución de la intensidad
- Flujo de haz y campo
- Índice de parpadeo

Propiedades de rendimiento de vida:

- Vida
- Depreciación de Lúmenes

9.13.2 PRUEBA DE LÁMPARAS

La prueba de lámparas generalmente tiene como objetivo describir las características de rendimiento fotométrico, radiométrico, eléctrico y térmico de una lámpara individual típica de una población relativamente grande de lámparas producidas comercialmente de un sólo tipo. En la medida en que todos los procesos de fabricación de lámparas, por muy estrechamente controlados que sean, producen lámparas de características ligeramente variables, las pruebas de lámparas se realizan en una muestra de lámparas suficientemente grande para que el rendimiento promedio resultante pueda usarse de manera confiable como rendimiento nominal para ese tipo de lámpara.

Muchos tipos de lámparas estándar de la industria son producidos por varios fabricantes diferentes, cada uno utilizando diferentes materiales, componentes, procesos, procedimientos y métodos de monitoreo y prueba. Así, las lámparas del mismo tipo pueden tener características sistemáticamente diferentes según el fabricante, no reveladas por los datos nominales de la lámpara. Un ejemplo es una distribución de intensidad sistemáticamente diferente pero con casi los mismos lúmenes totales. Las pruebas radiométricas de lámparas requieren equipo más allá de los instrumentos necesarios para las pruebas fotométricas y aunque no siempre es el caso, realizar mediciones de radiación ultravioleta puede ser peligroso cuando se utilizan fuentes diseñadas para aplicaciones germicidas.

Las normas para radiación espectro-radiatométrica y ultravioleta describen el equipo, las precauciones de seguridad y las condiciones de prueba para estas mediciones. [13] [32]. La mayoría de los tipos de lámparas utilizadas en iluminación arquitectónica tienen un estándar apropiado que rige el equipo, los procedimientos, las condiciones de prueba, la instrumentación y el contenido del informe de prueba que se utilizará o proporcionará en las pruebas fotométricas de lámparas. Además, la manipulación y el curado adecuados de las lámparas antes de realizar las pruebas (excepto en el caso de las LED) siempre forman parte de una buena práctica [33]. Estándares de las normas que rigen todas estas cuestiones están disponibles para la mayoría de los tipos de lámparas. Éstas incluyen:

- Filamento [34]
- Fluorescente [35]
- Fluorescente compacto [36]
- Descarga de alta intensidad [37]
- LED [38]
- Fibra óptica [39]
- Sodio de baja presión [40]

La determinación de las propiedades de vida útil de diferentes lámparas cuenta con estándares apropiados que rigen el equipo, las condiciones de prueba, el equipo auxiliar, la selección y muestreo de la lámpara, los procedimientos de prueba previa, los ciclos de operación de la lámpara y el contenido del informe. Éstas incluyen:

- Filamento [41]
- Fluorescente [42]
- Fluorescente compacto [43]
- Descarga de alta intensidad [44]
- Sodio de baja presión [45]
- LED [46]

9.14 FOTOMETRÍA DE LUMINARIAS

La fotometría de luminarias es la medición de las propiedades de una luminaria, funcionando en condiciones de prueba estándar, destinada a proporcionar datos que describan adecuadamente el rendimiento de la luminaria y permitan su evaluación como parte del proceso de diseño de iluminación. Algunos datos son el resultado directo de mediciones fotométricas, eléctricas o térmicas; otros se determinan indirectamente, utilizando procedimientos de cálculo estándar que involucran los datos primarios y proporcionan la información de aplicación necesaria.

9.14.1 FOTOMETRÍA DE CAMPO LEJANO Y CAMPO CERCANO

Prácticamente toda la fotometría de luminarias comerciales proporciona distribuciones de intensidad de campo lejano. Es decir, la distancia de prueba utilizada es superior a 5 veces la mayor dimensión luminosa de la luminaria. Aunque normalmente no se indica, las intensidades producidas de esta manera son intensidades equivalentes. Ver 5.7.2 Intensidad luminosa.

La fotometría de campo cercano tiene varias formas, aunque comercialmente es poco común ya que su uso para cálculos de iluminación requiere un software de aplicación especializado o un manejo especial cuando se incorpora a un software estándar [47]. Existen estándares para la fotometría de campo cercano de luminarias [48].

9.14.2 FOTOMETRÍA ABSOLUTA DE LUMINARIAS

La fotometría absoluta de luminarias implica mediciones luminosas realizadas con detectores calibrados para proporcionar una evaluación directa en unidades absolutas. Por ejemplo, la determinación de la intensidad luminosa absoluta se realiza con un detector de iluminancia calibrado absolutamente en lux. Por lo tanto, la determinación de la intensidad, I, utilizando la ley del cuadrado inverso, como en la Ecuación 9.8, implica una determinación absoluta de la distancia de prueba, D, en metros y la iluminancia, E, producida por la fuente en lux.

9.14.3 FOTOMETRÍA RELATIVA DE LUMINARIAS

La fotometría relativa de luminarias proporciona una distribución de intensidad por unidad. La base es una potencia lumínica total supuesta de la lámpara o lámparas utilizadas habitualmente en la luminaria. En este caso, las intensidades luminosas equivalentes se determinan a partir de mediciones realizadas con detectores que no están absolutamente calibrados. En lugar de utilizar 9.11, la intensidad luminosa equivalente se determina a partir de:

$$I = \mu \, k_{scale} \tag{9.12}$$

En este caso, el detector genera una señal de salida, μ, que se supone proporcional a la intensidad luminosa de la fuente que, a su vez, es proporcional a la iluminancia producida por la fuente y al cuadrado de la distancia desde el sensor fotométrico al centro del detector. Aunque no esté calibrado, es necesario que el detector muestre una respuesta lineal a la densidad de flujo incidente. Si las intensidades relativas se determinan a partir de una serie de mediciones en un conjunto de direcciones angulares, entonces, en general, habrá un factor de escala diferente, k, para cada medición. Si la distancia de prueba es constante y otros factores operativos no cambian de medición a medición, se puede usar un único factor de escala para todos los datos.

$$I(\theta,\psi) = \mu(\theta,\psi)\, k(\theta,\psi)_{scale} = \mu(\theta,\psi)\, k_{scale} \tag{9.13}$$

Donde:

$I(\theta,\psi)$ = intensidad luminosa equivalente en dirección angular (θ,ψ)
$\mu(\theta,\psi)$ = señal del detector en ángulo directo (θ,ψ) a una distancia fija
k_{scale} = factor de escala para todo el conjunto de mediciones

Después de medir un conjunto de valores relativos $\mu(\theta,\psi)$el factor de escala, k_{scale} se determina aislando las lámparas utilizadas en la luminaria y evaluando su salida de lúmenes real (a diferencia de su nominal). El efecto de la calibración del fotómetro y la salida real de lúmenes de la lámpara se tiene en cuenta en k_{scale} [49]. Aislar lámparas con propiedades térmicas sensibles complica considerablemente este proceso, lo que a veces dificulta la determinación de otras características derivadas de estos datos primarios [50]. Para luminarias que utilizan LED, nunca se debe utilizar fotometría relativa [38].

9.14.4 CARACTERIZACIÓN DE LUMINARIAS

Las luminarias se caracterizan por sus propiedades luminosas y de aplicación. Algunas propiedades luminosas se miden directamente, otras se derivan mediante cálculos a partir de estas mediciones básicas. Las propiedades que pueden ser aspectos de las pruebas de luminarias incluyen las siguientes. Propiedades fotométricas:

• Flujo total

• Salida de lámpara desnuda

• Distribución de intensidad

• Luminancias

Propiedades fotométricas derivadas

• Lúmenes zonales

• Eficiencia luminosa

• Coeficientes de utilización

• Criterio de espaciamiento

• Flujo de haz y de campo

• Ángulos de haz y de campo

• Varias clasificaciones de luminarias

Otras propiedades medidas o probadas

• Rendimiento térmico

• Construcción

• Sellado de agua y vapor

• Rendimiento de manejo de aire

9.14.5 PRUEBAS FOTOMÉTRICAS DE LUMINARIAS

Las pruebas fotométricas de luminarias generalmente tienen como objetivo describir las características de rendimiento fotométrico o radiométrico de un individuo típico de un grupo relativamente grande de población de luminarias producidas comercialmente de un solo tipo. Aunque lo ideal es probar fotométricamente una muestra de luminarias de un tipo determinado, esto rara vez se hace. Las luminarias enviadas para pruebas fotométricas deben ser representativas, pero en la práctica no hay forma de estar seguro de ello, salvo pruebas exhaustivas. Sin embargo, la fotometría de luminarias comerciales suele ser una representación útil de cómo funcionará una gran cantidad de luminarias del mismo tipo. La mayoría de los tipos de luminarias utilizadas en iluminación arquitectónica tienen un estándar apropiado que rige el equipo, los procedimientos, las condiciones de prueba, la instrumentación y el contenido de los informes de prueba que se utilizarán o proporcionarán en las pruebas fotométricas de luminarias. Éstas incluyen:

- Fluorescente de interior [51]
- Fluorescente de exterior [52]
- Interior HID [53]
- Incandescente de interior [53]
- Calzada [54]
- Proyectores [55]
- Reflectores [56]
- LED [38]

9.14.6 CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS DERIVADAS

Los informes fotométricos de luminarias generalmente contienen datos de rendimiento que no se miden directamente, sino que se calculan mediante procedimientos estándar y se enumeran como parte del informe fotométrico.

9.14.6.1 LÚMENES ZONALES

Los lúmenes zonales describen la distribución de flujo de la luminaria utilizando elementos de ángulo sólido dimensionados y formados según las necesidades de la aplicación típica de la luminaria y el sistema de coordenadas utilizado para la fotometría de distribución. Las normas que rigen la fotometría de las luminarias definen estos tamaños y formas. Generalmente los lúmenes, Φ_{zone}, en una zona se calculan a partir de

$$\Phi_{zone} = \int_{\Omega_{zone}} I(d\omega)\, d\omega \qquad (9.14)$$

Donde:

Ω_{zone}= ángulo sólido de la zona, en estéreoradianes
$d\omega$ = elemento diferencial del ángulo sólido en la zona
$I(d\omega)$ = intensidad luminosa en la dirección $d\omega$, en candelas

9.14.6.2 EFICIENCIA DE LA LUMINARIA Y EFICIENCIA FOTOMÉTRICA

La eficiencia de la luminaria generalmente se define como la relación entre los lúmenes emitidos por la luminaria y los lúmenes emitidos por las lámparas. Si se utiliza fotometría relativa, los lúmenes emitidos por las lámparas son, por definición, lúmenes nominales. En algunos casos de fotometría relativa, se supone que la potencia de la lámpara es de 1000 lm. Cuando se siguen procedimientos de prueba fotométrica relativa para determinar los lúmenes nominales con las lámparas fuera de la luminaria, la temperatura de la pared de la bombilla puede estar significativamente por debajo de la temperatura nominal de la pared de la bombilla. En consecuencia, durante esta determinación, la salida de lúmenes es menor que los lúmenes nominales y menor que cuando las lámparas están funcionando en la luminaria. Esto puede producir una relación entre lúmenes de la luminaria y lúmenes nominales de la lámpara determinados por el procedimiento superior a 1,0 [57]. Por lo tanto, a veces es necesario determinar y utilizar un factor térmico de la luminaria y la eficiencia fotométrica total de la luminaria es la eficiencia de la luminaria multiplicada por el factor térmico de la luminaria.

9.14.6.3 LUMINANCIA PROMEDIO

Dependiendo de la forma de la luminaria que se está probando, determinar el área aparente que se utilizará en el cálculo de la luminancia promedio de la luminaria puede requerir una atención especial para calcular y puede no ser simplemente una apertura luminosa plana en escorzo [58].

9.14.6.4 TIPO DE HAZ Y CARACTERIZACIÓN

Según la distribución de intensidad y la posterior determinación de lúmenes zonales, a la luminaria de prueba se le puede asignar una clasificación para aplicaciones en exteriores [59].

9.14.6.5 COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN EN INTERIORES

Los coeficientes de utilización son indicadores de rendimiento que se utilizan para predecir las iluminancias promedio producidas por luminarias dispuestas típicamente en conjuntos uniformes. Consulte 10.9.1 Cálculo de la iluminancia promedio para obtener detalles sobre la determinación de estos coeficientes.

CARRETERAS

Los coeficientes de utilización de carreteras se calculan para luminarias de carreteras para su uso en la determinación de la iluminancia promedio en una carretera. Los cálculos que utilizan estos valores normalmente asumen una separación entre postes uniforme [54].

9.15 MEDICIONES DE CAMPO

La evaluación de una instalación de iluminación en el terreno generalmente implica mediciones de iluminancia y luminancia en el lugar de la instalación. El propósito de tales mediciones puede ser

- Validar los cálculos de diseño
- Aislar problemas y diferencias aparentes entre la iluminancia esperada y observada
- Completar una evaluación posterior a la ocupación
- Evaluar una instalación existente antes de actualizar o modernizar el equipo de iluminación

• Proporcionar un punto de referencia para la renovación o expansión.

• Determinar el cumplimiento de especificaciones o códigos.

• Revelar la necesidad de mantenimiento, modificación o reemplazo.

El propósito suele determinar el tipo y alcance de las mediciones.

Estas evaluaciones generalmente toman la forma de un estudio en el que se mide la iluminancia (y con menor frecuencia la luminancia) en posiciones cuidadosamente elegidas en una instalación para determinar de manera confiable los promedios y evaluar los máximos y mínimos típicos. Con menos frecuencia, se requieren mediciones esencialmente en una única ubicación. La buena práctica requiere registrar una descripción completa y detallada del área investigada y todos los factores que puedan afectar los resultados, como las reflectancias de la superficie interior, la presencia de luz natural procedente del cielo o del sol, la temperatura ambiente, la temperatura puntual de la lámpara o luminaria, el tiempo de estabilización, la presencia de objetos en el espacio, tipo y antigüedad de lámpara, voltaje e instrumentos utilizados en la encuesta.

Las precauciones y preparaciones comunes a la mayoría de los estudios de medición son:

• Usar medidores de iluminancia con coseno y corrección espectral adecuados

• Medidores usados a una temperatura superior a 15 °C (60 °F) e inferior a 50 °C (120 °F)

• Evite proyectar sombras sobre el detector

• Colóquese lo suficientemente lejos del detector, especialmente cuando use ropa de colores claros, para evitar que la luz de la fuente se refleje sobre él.

• Se debe encender una descarga de alta intensidad o un sistema fluorescente durante al menos 1 h antes de realizar mediciones.

• Las lámparas deben curarse antes de realizar el estudio: al menos 100 h de funcionamiento para fuentes gaseosas y 20h o menos para tamaños comunes de lámparas de incandescencia.

9.15.1 MEDICIONES INTERIORES

Las mediciones en espacios interiores generalmente se realizan con el propósito de evaluar una condición existente o para verificar el desempeño de una nueva instalación de iluminación. La iluminancia media en grandes áreas abiertas se determina a partir de mediciones realizadas en puntos seleccionados. La iluminancia en un punto o una pequeña vecindad de puntos generalmente se mide en áreas de tareas específicas. Las mediciones de luminancia en interiores, aunque son menos comunes, se realizan para verificar las proporciones de diseño o investigar las condiciones que pueden provocar deslumbramientos y reflejos tipo velo.

9.15.1.1 ILUMINANCIA PROMEDIO

Determinación de la iluminancia promedio en un plano horizontal

El instrumento de medición debe colocarse de modo que cuando se tomen las lecturas, la superficie del detector esté en un plano horizontal y a 760 mm (30 pulg.) sobre el piso, o a cualquier altura que sea de interés. El área debe dividirse en cuadrados de aproximadamente el mismo tamaño, tomando una lectura en el centro de cada cuadrado y calculando la media aritmética. Una cuadrícula de medición de 0,6 m (2 pies) es adecuada para muchos espacios. Generalmente es

necesario utilizar una cuadrícula rectangular relativamente densa de ubicaciones de medición en espacios que están obstruidos, o que carecen de geometría ortogonal o tienen una iluminación muy no uniforme. Para espacios con proporciones de cavidades inusuales o iluminación no uniforme, como en pasillos bajo condiciones de iluminación de emergencia, puede ser necesaria una red más densa de puntos de medición. Para habitaciones y posiciones de luminarias más uniformes y simétricas, se ha desarrollado un método de encuesta uniforme para medir y reportar los datos necesarios para aplicaciones interiores [60]. Se ha encontrado que el método es generalmente confiable con una precisión del 10%. Tiene la ventaja de utilizar el promedio ponderado de las mediciones realizadas en ubicaciones seleccionadas para minimizar la cantidad de mediciones requeridas. Los tipos de habitaciones adecuados para este método de encuesta se muestran en la Figura 9.9.

Área regular con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas. La iluminancia promedio, E, en dicho espacio (consulte la Figura 9.9a) se puede determinar a partir de

$$\bar{E} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{N\,M} \qquad (9.16)$$

Donde:

N = número de luminarias por fila
M = número de filas
R = Promedio de mediciones en: estaciones r-1, r-2, r-3 y r-4 para una bahía interior típica y en las estaciones r-5, r-6, r-7 y r-8 para una bahía típica ubicada en el centro
Q = Promedio de medición en: estaciones q-1, q-2, q-3 y q-4 en dos típicas medias bahías a cada lado de la habitación
T = Promedio de mediciones en: estaciones t-1, t-2, t-3 y t4- en dos medias bahías típicas en cada extremo de la habitación

P = Promedio de mediciones en: en las estaciones p-1 y p-2 en dos típicos cuartos de bahía de esquina

Área regular con luminaria única ubicada simétricamente

La iluminancia promedio, $\bar{E}$, en dicho espacio (consulte la Figura 9.9b) se puede determinar a partir de

$$\bar{E} = P$$

Donde:

P = Promedio de mediciones en: estaciones p-1, p-2, p-3 y p-4 en todos los cuatro cuartos de las bahías

Área regular con una sola fila de luminarias individuales

La iluminancia promedio, $\bar{E}$, en dicho espacio (consulte la Figura 9.9c) se puede determinar a partir de

$$\bar{E} = \frac{Q(N-1) + P}{N} \qquad (9.18)$$

Donde:

N = número de luminarias
Q = Promedio de mediciones en: estaciones q-1 a través de q-8 en cuatro medias bahías típicas localizadas dos de cada lado del área
P = Promedio de mediciones en: estaciones p-1 y p-2 para dos bahías típicas de cuarto de esquina

Área regular con dos o más filas continuas de luminarias La iluminancia promedio, $\bar{E}$, en dicho espacio (consulte la Figura 9.9d) se puede determinar a partir de

$$\bar{E} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q\,N + T(M-1) + P}{M(N+1)} \qquad (9.19)$$

Donde:

N = número de luminarias por fila
M = número de filas
R = Promedio de mediciones en: estaciones r-1 a r-4 ubicadas cerca del centro del área.
Q = Promedio de mediciones en: estaciones q-1 y q-2 ubicadas en cada lado medio de la habitación y a medio camino entre la fila exterior de luminarias y la pared
T = Promedio de mediciones en: estaciones t-1 a t-4 en cada extremo de la habitación
P = Promedio de mediciones en: estaciones p-1 y p-2 en dos esquinas típicas

Área regular con una sola fila de luminarias continuas

La iluminancia promedio, $\bar{E}$, en dicho espacio (consulte la Figura 9.9e) se puede determinar a partir de

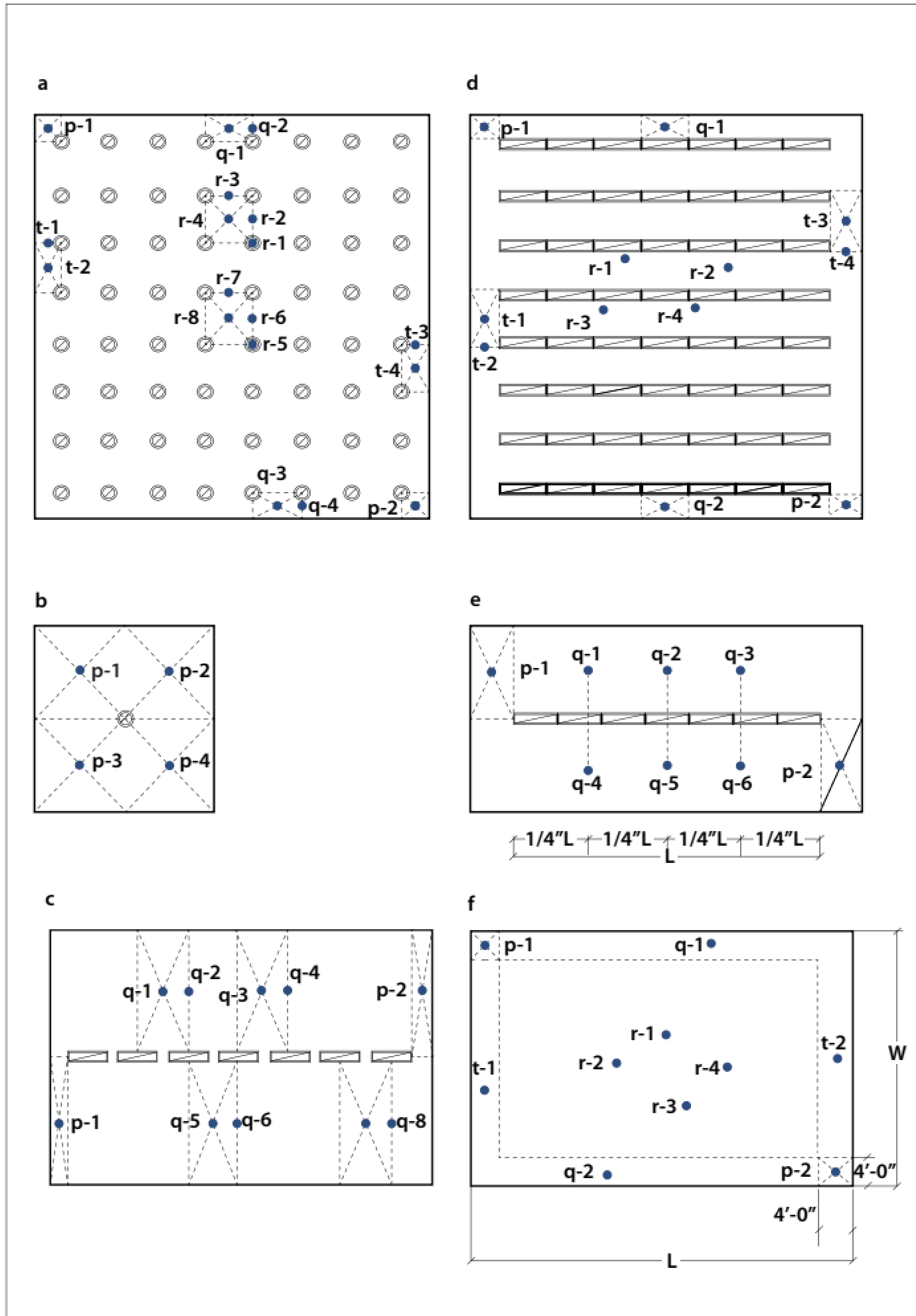
$$\bar{E} = \frac{Q(N-1) + P}{N} \qquad (9.20)$$

Donde:

N = número de luminarias
Q = Promedio de mediciones en: estaciones q-1 hasta q-6
P = Promedio de mediciones en: estaciones p-1 y p-2 en esquinas típicas

FIGURA 9.9 | ESTACIONES DE MEDICIÓN TOPOGRÁFICAS IES

Ubicación de los lugares de medición de iluminancia para varias habitaciones, a) área regular con luminarias ubicadas simétricamente. b) área regular con luminaria única ubicada simétricamente. c) área regular con una sola fila de luminarias continuas. d) área regular con dos o más filas continuas de luminarias. e) área regular con una sola fila de luminarias continuas. f) zona regular con iluminación indirecta uniforme.



ÁREA REGULAR CON ILUMINACIÓN INDIRECTA UNIFORME

La iluminancia promedio, $\bar{E}$, en dicho espacio (consulte la Figura 9.9f) se puede determinar a partir de

$$\bar{E} = \frac{R(L-8)(W-8) + 8\,Q(L-8) + 8\,T(W-8) + 64\,P}{W\,L} \tag{9.21}$$

Donde:

W = número de luminarias por fila
L = número de filas
R = Promedio de mediciones en: estaciones r-1 a r-4 ubicadas al azar en la porción central del área
Q = Promedio de mediciones en: estaciones q-1 y q-2 ubicadas a 0,6 m (2 pies) the de las paredes largas, al azar a lo largo de la habitación
T = Promedio de mediciones en: en las estaciones t-1 y t-2 ubicadas a 0,6 m (2 pies) de las paredes cortas, al azar en sentido transversal de la habitación
P = Promedio de mediciones en: estaciones p-1 y p-2 ubicadas en esquinas diagonalmente opuestas a 0,6 m (2 pies) de cada pared

9.15.1.2 ILUMINANCIA EN UN PUNTO

Cuando se utiliza iluminación de trabajo, general y suplementaria, la iluminancia en el punto de trabajo debería medirse con el trabajador en su posición normal de trabajo. Tenga en cuenta que esto generalmente no corresponderá a una predicción de iluminancia en ese punto, ya que la sombra del cuerpo rara vez se tiene en cuenta en los cálculos de iluminancia. El instrumento de medición debe ubicarse de manera que cuando se tomen las lecturas, la superficie de la celda sensible a la luz esté en el plano de la tarea visual o de esa porción de la tarea visual en la que se requiere el procesamiento visual crítico: horizontal, vertical, o inclinado.

9.15.1.3 LUMINANCIA

Los estudios de luminancia deberían realizarse en condiciones de trabajo reales con mediciones en la ubicación del punto de trabajo específico con las combinaciones de instalaciones de iluminación natural y eléctrica disponibles. Se debe tener en cuenta la posición del sol y las condiciones climáticas, las cuales pueden tener un efecto marcado en la distribución de luminancia. Toda la iluminación del área (de trabajo, general y suplementaria) debe estar en uso normal. Las áreas de trabajo utilizadas únicamente durante el día deberían inspeccionarse durante el día; las zonas de trabajo utilizadas tanto de día como de noche deben inspeccionarse en ambas condiciones, ya que la distribución de la luminancia y las posibilidades de confort e incomodidad pueden diferir notablemente entre ellas. Los reconocimientos nocturnos deben realizarse de noche o con las cortinas cerradas. Los reconocimientos diurnos deben realizarse con las cortinas ajustadas a las posiciones realmente establecidas por los ocupantes. Las ubicaciones de medición suelen ser aquellas definidas por relaciones de luminancia o límites que se han especificado. Consulte los capítulos de aplicación para conocer los límites y las relaciones de luminancia recomendadas.

9.15.2 MEDICIONES EN EXTERIORES

Para una evaluación precisa de la carretera y de muchas instalaciones de reflectores, las mediciones de iluminancia se deben realizar con especial cuidado, especialmente en lo que respecta al nivel del medidor de iluminancia o su alineación

con el plano de medición de iluminancia previsto. La preparación típica para un estudio de iluminancia consiste en lo siguiente.

• Inspeccionar y registrar el estado de las luminarias (globos, reflectores, refractores, posicionamiento de lámparas, etc.). En el caso del alumbrado viario, asegurarse de que las luminarias estén niveladas y su colocación vertical y lateral sea la diseñada. A menos que el propósito de la prueba sea verificar la depreciación o el desempeño real en servicio, se deben limpiar todas las unidades e instalar lámparas nuevas. Las lámparas nuevas deben curarse adecuadamente. Si bien las lámparas inoperativas se notan fácilmente en las instalaciones de carreteras, pueden pasarse por alto fácilmente en sistemas de iluminación de gran tamaño. Si estas lámparas no se reemplazan para el estudio de campo, se debe tener la consideración adecuada al evaluar los resultados.

• Mida y registre las alturas de montaje de las luminarias.

• Medir y registrar la ubicación de los postes, el número de luminarias por poste, la potencia de las lámparas y otros datos pertinentes. Verifique estos datos con el diseño recomendado; un pequeño cambio en la ubicación o ajuste de las luminarias puede marcar una diferencia considerable en la iluminancia.

• Determinar y registrar las horas de funcionamiento de las lámparas instaladas.

• Considere el impacto de la luz parásita en las mediciones. La encuesta debe realizarse sólo cuando la atmósfera esté razonablemente despejada. La luz extraña producida por una tienda, una estación de servicio u otras luces cercanas requiere atención cuidadosa en las pruebas de iluminación exterior.

• Se debe medir el voltaje de la luminaria porque puede afectar la iluminancia. Por la noche, durante las horas de uso habitual de las luminarias, registrar el voltaje en el portalámparas con todas las lámparas en funcionamiento. En su lugar se puede utilizar la tensión del interruptor principal, siempre que se tenga en cuenta la caída de tensión de las luminarias individuales. Si se utilizan lámparas de descarga, registre el voltaje de entrada al balastro en los terminales del balastro. Las lámparas de descarga deben funcionar al menos 60 minutos para alcanzar las condiciones normales de funcionamiento antes de realizar las mediciones.

Las mediciones deben realizarse con un medidor de iluminancia recientemente calibrado con una respuesta espectral y espacial suficientemente precisa, capaz de nivelarse para mediciones horizontales o posicionarse con precisión para otros planos de medición según sea necesario. El fotómetro debe seleccionarse por su portabilidad, repetibilidad y rango de medición.

• Para los sistemas de iluminación de carreteras, al menos un carril de tránsito debe estar cerrado por períodos de tiempo considerables. Debido a esta dificultad y al costo de realizar mediciones de campo de la luminancia del pavimento, es común utilizar un procedimiento de diseño computarizado utilizando cálculos puntuales del nivel de iluminancia horizontal en cada uno de los puntos de medición de la luminancia del pavimento recomendados como verificación de los cálculos por computadora, sólo es necesario medir la iluminancia en un número reducido de puntos [62]

• Para las señales de carretera, los niveles de iluminancia mínimo y máximo se determinan escaneando la cara de la señal. Se toman mediciones de iluminancia adicionales en lugares específicos según el tamaño de la señal. También se realizan mediciones de luminancia para señales iluminadas tanto exterior como interiormente [63].

• Para instalaciones deportivas, el área deportiva (o la porción del área bajo consideración inmediata) debe dividirse en áreas de prueba de aproximadamente el 5% del área total y las lecturas deben tomarse en el centro de cada área [66]. Se han desarrollado algunas cuadrículas de medición específicas para tipos particulares de campos de juego y se recomiendan para mediciones de campo en estas aplicaciones.

• La llamada iluminancia de TV requiere que el medidor de iluminancia esté orientado de modo que su medición normal apunte a la posición de la cámara).

• Las lecturas deben realizarse en cada estación de prueba, repitiendo las mediciones en la primera estación con la frecuencia suficiente para asegurar la estabilidad del sistema y la repetibilidad de los resultados. Las lecturas deben ser reproducibles dentro del 5%. Se deben tomar suficientes lecturas para que lecturas adicionales en lugares similares no cambien el promedio de los resultados significativamente.

Muchas aplicaciones de iluminación exterior tienen un estándar apropiado que rige el equipo, los procedimientos, las condiciones de prueba, la instrumentación y el contenido de los informes de prueba que se utilizarán para las pruebas de campo. Estos incluyen:

• HID exterior [61]

• Áreas de estacionamiento [62]

• Calzada [63]

• Señalización vial [64]

• Túnel [65]

• Área y deportes [66]

9.16 REFERENCIAS

[1] [ISO] International Standards Organizations. 2007. ISO Guide 99:2007

[2] [NIST] National Institute of Standards and Technology. 2008. NIST special publication 811, Guide for the use of the international system of Units (SI). 90 p.

[3] DiLaura D. 2006. A history of light and lighting. New York. IES. 402 p.

[4] Dilaura, D. 2005. Light's measure: A history of industrial photometry to 1909. Leukos. 1(3):75-140.

[5] Schanda J, editor. 2007. Colorimetry: Understanding the CIE system. New Jersey: Wiley. 373 p.

[6] Poikonen T, Karha P, Manninen P, Manoocheri F, Ikonen E. 2009. Uncertain analysis of photometer quality factor f_1'. Metrologia. 46(1):75-80.

[7] [IES] Illuminating Engineering Society. 1994. IESNA survey of illuminance and luminance meters. Light Des App. 24(6):31-42.

[8] Ohkubo K, Horiuchi M, Nakagawa Y, Tozawa H, Kobayashi K, Horie I, Chida N. 2000. Domestic comparison of relative spectral responsivity measurements for illuminance meters. J Light Vis Environ. 24(1):66-72.

[9] DeCusatis, C. 1997. Handbook of applied photometry. New York: AIPPress.

[10] Karas VI, Torpachev PA. 1991. Pulsed light flux measurement by a photodiode operational amplifier pair. Meas Tech. 34(5):13-15.

[11] Anonymous. 2003. Detector arrays. Laser focus World. 39(2).

[12] Choi H. 2004. Advantages of photodiode array. http://www.hwe.oita-u.ac.jp/kiki/ronnbunn/paper_choi.pdf

[13] [IES] Illuminating Engineering Society. 1994. LM-58 IESNA guide to spectroradiometric measurements. 9 p.

[14] ASTM International. 2006. ASTM E1341-06 Standard practice for obtaining spectroradiometric data from radiant sources for colorimetry. 12 p.

[15] ASTM International. 2008. ASTM G138-06 Standard test method for calibration of a spectroradiometer using a standard source of irradiance. 8 p.

[16] Brown SW, Eppeldauer GP, Lykke KR. 2000. NIST facility for spectral irradiance and radiance response calibrations with a uniform source. Metrologia, 37:579-582.

[17] [CIE} Commission Internationle de l'Eclairage. 2004. CIE 15-2004 Colorimetry. Vienna: CIE. 43 p.

[18] ASTM International. 2009. ASTM E1164-09a Standard practice for obtaining spectrometric data for object-color evaluation. 8 p.

[19] ASTM International. 2008. ASTM International standards on color and appearance measurement: 8th edition. 800 p.

[20] [CIE} Commission Internationle de l'Eclairage. 1987. CIE 53-1982 Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters: Performance, characteristics and specifications. 43 p.

[21] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-75-01 Goniophotometer types and photometric coordinates. 6p.

[22] Rosa, E. B., and A. H. Taylor. 1922. Theory, construction, and use of the photometric integrating sphere: Paper No. 447. Sci. Pap. Bur. Stand. 18:281-325.

[23] [IES] Illuminating Engineering Society. 2007. IESNA approved method for total luminous flux measurement of lamps using an integrating sphere photometer. 15 p.

[24] Gibb DR, Duncan FJ, Lambe RP, Goodman TM. 1996. Ageing of materials under intense UV radiation. Metrologia. **32** (6):601-607.

[25] Ohno Y, Zong Y. 1999. Detector-Based Integrating Sphere Photometry. In: Proceedings, 24th Session of the CIE. (1)1:155-160.

[26] Rea, M. S., and I. G. Jeffrey. 1990. A new luminance and image analysis system for lighting and vision: I. Equipment and calibration. /. Ilium. Eng. Soc. 19(l):64-72.

[27] Lewin, I., R. Laird, andJ. Young. 1992. Video photometry for quality control. Light. Des. Appl. 22(1): 16-20.

[28] Fiorentin P, Iacomussi P, Rossi, G. 2005. Characterization and calibration of a CCD detector for light engineering. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 54(1):171-177.

[29] [IES] Illuminating Engineering Society. 1990. LM-44-90 IESNA approved method for total diffuse reflectometry. 6p.

[30] Levin R. 1982. The photometric connection. Parts 1-4. Light Des Appl. 12(9):28-35, 12(10):60-63, 12(11):42-47, 12(12):16-18.

[31] [IES] Illuminating Engineering Society. 1996. TM-6-96 IESNA understanding and controlling the effects of temperature on fluorescent lamp systems. 11p.

[32] [IES] Illuminating Engineering Society. 1996. LM-55-96 IESNA guide for the measurement of ultraviolet radiation from sources. 7p.

[33] [IES] Illuminating Engineering Society. 1999. LM-54-99 IESNA guide to lamp seasoning. 2p.

[34] [IES] Illuminating Engineering Society. 2000. LM-45-00 IESNA approved method for electrical and photometric measurements of general service incandescent lamps. 8 p.

[35] [IES] Illuminating Engineering Society. 1999. LM-9-99 IESNA approved method for electrical and photometric measurements of fluorescent lamps. 11 p.

[36] [IES] Illuminating Engineering Society. 2000. LM-66-00 IESNA approved method for electrical and photometric measurements of single-ended compact fluorescent lamps. 17 p.

[37] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-51-00 IESNA approved method for electrical and photometric measurements of high intensity discharge lamps. 10 p.

[38] [IES] Illuminating Engineering Society. 2008. LM-79-08 IESNA approved method: electrical and photometric measurements of solid state lighting products. 16 p.

[39] [IES] Illuminating Engineering Society. 2002. LM-76-02 IESNA approved method for electrical and photometric measurements of fiber optics lighting systems. 20 p.

[40] [IES] Illuminating Engineering Society. 2007. LM-59-07 IESNA approved method for electrical and photometric measurements of low pressure sodium lamps. 10 p.

[41] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-49-01 IESNA approved method for life testing of incandescent filament lamps. 4 p.

[42] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-40-01 IESNA approved method for life testing of fluorescent lamps. 4 p.

[43] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-65-01 IESNA approved method for life testing of compact fluorescent lamps. 4 p.

[44] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-47-01 IESNA approved method for life testing of high intensity discharge lamps. 5 p.

[45] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-60-01 IESNA approved method for life testing of low pressure sodium lamps. 4 p.

[46] [IES] Illuminating Engineering Society. 2008. LM-80-08 IESNA approved method: measuring lumen maintenance of LED light sources. 4p.

[47] Whitehead L, Kan P, Lui K, Jacob S. 1999. Near field photometry of prism light guide luminaires using a CCD camera. J Illum Eng Soc. 28(2):3-9.

[48] [IES] Illuminating Engineering Society. 2005. LM-50-05 IESNA approved guide to near-field photometry. 6p.

[49] Levin RE. 1983. On fluorescent photometry. J Illum Eng Soc. 12(4):218-225.

[50] Zhang J, Ngai P. 2002. Photometry for T5 high-output lamps and luminaires. J Illum Eng Soc. 31(1):136-146.

[51] [IES] Illuminating Engineering Society. 1998. LM-41-98 IESNA approved method for photometric testing of indoor fluorescent luminaires. 18p

[52] [IES] Illuminating Engineering Society. 1996. LM-10-96 IESNA approved method for photometric testing of outdoor fluorescent luminaires. 23p

[53] [IES] Illuminating Engineering Society. 2004. LM-46-04 IESNA approved method for photometric testing of indoor luminaires using high intensity discharge or incandescent filament lamps. 15p.

[54] [IES] Illuminating Engineering Society. 1995. LM-31-95 Photometric testing of roadway luminaires using incandescent filament and high intensity discharge lamps. 15p.

[55] [IES] Illuminating Engineering Society. 2002. LM-35-02 IESNA approved method for photometric testing of floodlights using high intensity discharge or incandescent filament lamps. 17p.

[56] [IES] Illuminating Engineering Society. 1997. LM-11-97 IESNA guide for photometric testing of searchlights. 20p.

[57] Zhang J. 2008. Luminaire photometry for temperature-sensitive light source. Leukos. 4(4):225-241.

[58] [IES] Illuminating Engineering Society. 1997. LM-37-97 IESNA guide for determination of average luminance for indoor luminaires. 15p.

[59] [IES] Illuminating Engineering Society. 2007. TM-15-07 Luminaire classification system for outdoor luminaires. 11p.

[60] Joint Lighting Survey Committee. 1963. How to make a lighting survey. Ilium Eng. 57(2): 87-100.

[61] [IES] Illuminating Engineering Society. 2006. LM-61-06 IESNA approved guide for identifying operating factors influencing measured vs. predicted performance for installed outdoor high intensity discharge (HID) luminaires. 15p.

[62] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-64-01 IESNA guide for the photometric measurement of parking areas. 8p.

[63] [IES] Illuminating Engineering Society. 1999. LM-50-99 IESNA guide for the photometric measurement of roadway lighting installations. 3p.

[64] [IES] Illuminating Engineering Society. 2003. LM-52-03 IESNA guide for the photometric measurement of roadway sign installations. 9p.

[65] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-71-01 IESNA approved guide for the photometric measurement of tunnel lighting installations. 4p.

[66] [IES] Illuminating Engineering Society. 2004. LM-5-04 IESNA guide for the photometric measurement of area and sports lighting installations. 26p.


©Chad Baker

10 / CÁLCULO DE LA LUZ Y SUS EFECTOS

El propósito de la informática es el conocimiento, no los números. 1961

Aún no se vislumbra el propósito de calcular números. 1997

R.W. Hamming

CONTENIDO

Predecir el desempeño de un diseño de iluminación propuesto es una parte integral del proceso de diseño, lo que permite al diseñador examinar y comparar alternativas, refinar una idea prometedora, ver si se cumplirán las recomendaciones y códigos aplicables, evaluar la conservación de energía y la oportunidad en el control de la iluminación, invocar procedimientos estandarizados para predecir el deslumbramiento y la visibilidad y tal vez generar una representación de cómo podría aparecer un espacio. La capacidad de predecir el rendimiento requiere una infraestructura computacional que consta de: datos estandarizados que caractericen los equipos de iluminación, un conocimiento de las propiedades de la superficie y otros componentes del entorno involucrados, modelos teóricos de cómo se comporta la luz, programas computacionales que hagan uso de esos modelos y computadoras en el que opera el programa. Por muy elaborada que sea esta infraestructura, sus resultados aún requieren una interpretación cuidadosa.

El propósito de este capítulo es proporcionar la base teórica para los cálculos de iluminación, describir cómo se aproxima y utiliza esta teoría y cómo se incorpora en la mayoría de los programas de análisis de iluminación. Esto puede proporcionar, desde la perspectiva de los usuarios, una comprensión del poder y las limitaciones de los cálculos (independientemente de cómo se realicen) y así aclarar su uso en el proceso de diseño de iluminación. Estos propósitos requieren la presentación de información en las siguientes tres áreas generales.

• Las teorías fundamentales del transporte de la luz y la interacción con la arquitectura y qué forma (exacta o aproximada) adoptan los modelos matemáticos de estas teorías y cómo se utilizan, a su vez, los modelos en el software de iluminación.

• La información geométrica, fotométrica y física que comúnmente está disponible como entrada en un proceso de cálculo de iluminación y cómo la naturaleza, los límites y las incertidumbres de esta información afectan los resultados.

• Las diversas formas de predecir el rendimiento del sistema de iluminación mediante la evaluación e interpretación de los resultados de los cálculos y su comparación con los resultados medidos previstos o reales. Además, este capítulo explica los procedimientos de cálculo estándar de IES, incluidos los coeficientes de utilización del método lumínico y la evaluación del deslumbramiento. El uso de software para el diseño de luminarias se describe en 8 | Luminarias: Formas y Ópticas.

10.1 FUNCIÓN Y USO DE LOS CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

Como la mayoría de las disciplinas técnicas de ingeniería y diseño, la iluminación tuvo una larga historia de apoyo y dirección proporcionada por cálculos manuales, nomogramas y calculadoras mecánicas [1]. A mediados del siglo XX, estos fueron, hasta cierto punto, ampliados con grandes ordenadores electrónicos analógicos y luego digitales. Pero la disponibilidad generalizada y el uso generalizado de computadoras económicas que ejecutan sistemas operativos estandarizados ha hecho que el software de análisis de iluminación de uso general (en adelante simplemente "software") sea una empresa comercialmente viable y los cálculos manuales, por muy ampliados que sean, ahora prácticamente no tienen ningún papel en la ingeniería de iluminación moderna en diseño de iluminación.

El software está disponible a través de desarrolladores independientes, fabricantes de equipos de iluminación, consultores de desarrollo de equipos y agencias gubernamentales [2] y ahora tiene una parte, por pequeña que sea, en el diseño y especificación de la mayoría de los sistemas de iluminación. El desarrollo de software de propósito general es una tarea vasta y altamente técnica que requiere conocimientos no sólo de ingeniería y diseño de iluminación, sino también de matemáticas y programación informática [3] [4] [5] [6]. En casi todos los casos, las complejidades del proceso de cálculo, incluidas las bases fundamentales y las suposiciones que siempre forman parte de cualquier cálculo práctico, quedan expresa y apropiadamente ocultas al usuario durante el uso del software. Sin embargo, cierto conocimiento de estos supuestos y aproximaciones, junto con un conocimiento basado en la experiencia del rango probable de un resultado cuantitativo, ayuda a prevenir el uso o aplicación indebida del software y detecta datos de entrada incorrectos o inapropiados. La confiabilidad del software generalmente se establece mediante comparación con configuraciones

geométricas y fotométricas simples que pueden calcularse manualmente a partir de primeros principios o mediante comparación con mediciones fotométricas. Consulte 10.6.1 Precisión y evaluación. La supuesta y demostrada confiabilidad del software permite su uso en varios aspectos importantes de la ingeniería y el diseño de iluminación.

10.1.1 ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROPUESTOS

El software se utiliza con mayor frecuencia para demostrar que un sistema de iluminación propuesto produce iluminancias que cumplen con las recomendaciones en sus diversas formas y de varios organismos recomendadores o rectores. Los límites de luminancia, las relaciones de luminancia y la ubicación adecuada de las luminarias también se pueden investigar de manera eficiente con el software. Además de las pruebas de rendimiento, el software puede determinar el efecto de incertidumbres inevitables en los parámetros ambientales o de construcción, como las reflectancias de la superficie y la ubicación de los muebles.

10.1.2 DEMOSTRACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO

El cumplimiento del código que involucra mínimos de iluminancia en interiores, varios máximos en aplicaciones exteriores y límites de densidad de potencia de iluminación generalmente se demuestra con software.

10.1.3 EVALUACIÓN DE ALGÚN ASPECTO DE LA CALIDAD DEL DISEÑO

La llegada de capacidades sofisticadas de representación de gráficos por computadora proporciona otro uso para el software en el proceso de diseño de iluminación. Las representaciones que son fotométricamente precisas y fotográficamente realistas permiten la comunicación y verificación de ideas de diseño de iluminación a los clientes y otros miembros del equipo de diseño. Aunque están limitadas por la capacidad de la tecnología de visualización de las computadoras, estas representaciones pueden ayudar a proporcionar concepciones más claras de los efectos y el rendimiento del sistema de iluminación.

10.1.4 DISEÑO DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

El software ha tenido un efecto significativo en el diseño de equipos de iluminación. Los fabricantes de equipos utilizan ahora la capacidad de predecir con precisión el rendimiento de las luminarias propuestas para acortar el tiempo del ciclo de diseño y reducir los costos de desarrollo de nuevos productos y permitir una investigación más rápida y extensa de los conceptos de diseño de equipos. El ciclo repetido de maquetas físicas y pruebas fotométricas se ha reducido significativamente y ahora se utiliza sólo cerca del final del proceso de diseño de luminarias.

10.1.5 EL SOFTWARE EDUCATIVO

Permite a los estudiantes de iluminación aprender y explorar conceptos de iluminación, probar ideas de diseño y ampliar su experiencia con iluminación y equipos de iluminación. Aunque no sustituye al trabajo real y práctico, el software puede aumentar significativamente el alcance y profundidad de comprensión del rendimiento del sistema de iluminación y proporciona una experiencia inicial con una variedad de equipos y técnicas de iluminación que de otro modo sería muy difícil de obtener.

10.2 CÁLCULO DE ILUMINANCIA, LUMINANCIA Y FLUJO

Todas las evaluaciones computacionales de sistemas de iluminación se basan en la determinación de la iluminancia, la luminancia o el flujo. Este es el caso desde la determinación más sencilla de la iluminancia media en un plano de trabajo hasta la representación informática más elaborada de un espacio iluminado. Todos estos cálculos implican:

• Propiedades fotométricas de fuentes de luz

• Propiedades de superficies y materiales, incluyendo reflectancia, transmitancia, refracción y color

• La geometría que define y relaciona fuentes y superficies

• Una forma final de cálculo, que puede variar en complejidad desde una serie de valores de iluminancia hasta una imagen renderizada (modelada).

Prácticamente todos los cálculos de iluminación se realizan asumiendo que el aire a través del cual viaja la luz es claro y no absorbente. Las condiciones atmosféricas que parecen absorber luz y afectar los cálculos de iluminación natural se tienen en cuenta cuando el sol y el cielo se definen como fuentes de luz.

El cálculo de iluminancia, luminancia y flujo se puede expresar en términos rigurosamente correctos como ecuaciones derivadas de primeros principios. Aunque son de interés teórico, estas ecuaciones generalmente deben aproximarse para su implementación práctica. Ciertos cálculos pueden simplificarse y consumir menos tiempo de computadora, si las fuentes involucradas son emisores perfectamente difusos o si las superficies involucradas presentan una reflexión perfectamente difusa.

10.2.1 ILUMINANCIA DE FUENTES PUNTUALES

El cálculo más fundamental y conceptualmente más simple es la determinación de la iluminancia en un punto producida por una fuente puntual. Para los propósitos aquí, se supone que la distribución de intensidad de la fuente está definida por una función $I(\theta,\psi)$con dirección especificada en coordenadas esféricas (θ,ψ)centradas en la fuente. Suponiendo la disposición geométrica que se muestra en la Figura 10.1, el área iluminada dA_p ubicada en el punto p está en la dirección (θ,ψ) de la fuente y a una distancia D de ella. La orientación de la superficie iluminada está indicada por la superficie perpendicular, n. Comenzando con la definición de iluminancia y utilizando la definición de intensidad luminosa, se puede derivar una ecuación para la iluminancia en el punto p:

$$E_p = \frac{d\Phi}{dA_p} = \frac{I(\theta,\psi)\, d\omega_p}{dA_p} = \frac{I(\theta,\psi)\, dA_p \cos(\xi)}{dA_p\, D^2} = \frac{I(\theta,\psi) \cos(\xi)}{D^2} \qquad (10.1)$$

Esta es la llamada ley del coseno del cuadrado inverso. Dado que dA_p es diferencialmente pequeño, se supone que ni $I(\theta,\psi)$, ni la distancia, ni ninguno de los ángulos cambian para ningún punto en la vecindad diferencial de dA_p y por lo tanto la iluminancia es la misma dentro de dA_p.

10.2.2 ILUMINANCIA PROCEDENTE DE FUENTES DE ÁREA

Cuando la fuente es un área luminosa es conveniente describirla fotométricamente en términos de luminancia en lugar de intensidad. La distribución de luminancia de la fuente está definida por una función $L(\theta,\psi;u,v)$con dirección especificada en coordenadas esféricas (θ,ψ) centrada en un punto de la fuente ubicado en (u,v) . La figura 10.2 muestra la disposición.

Comenzando con las definiciones de iluminancia y luminancia, se puede encontrar una expresión para la iluminancia diferencial en el punto p debida a la luminancia de un elemento diferencial de fuente. Esto se integra (suma) en toda la fuente para dar la iluminancia en el punto p producida por toda la fuente.

$$\begin{aligned} E_p &= \int dE_p = \int d\frac{d\Phi}{dA_p} = \int \frac{dI_{dA_p}(\theta,\psi)\, d\omega_p}{dA_p} \\ &= \int \frac{L(\theta,\psi;u,v)\, dA_s \cos(\theta)\, dA_p \cos(\xi)}{dA_p\, D^2} \\ &= \int L(\theta,\psi;u,v) \cos(\xi)\, d\omega_s \end{aligned} \qquad (10.2)$$

10.2.3 LUMINANCIA EN UN PUNTO

La luminancia en un punto p de una superficie se calcula a partir de la iluminancia en ese punto, integrada con la reflectancia direccional de la superficie. El BRDF de la superficie, $f_r(\theta_i,\psi_i;\theta_r,\psi_r)$caracteriza la reflectancia direccional. Consulte 5.8.1 Reflectancia. La luminancia en la dirección (θ_r,ψ_r) viene dada por:

$$L_p(\theta_r,\psi_r) = \int f_r(\theta_r,\psi_r;\theta_i,\psi_i)\, dE(\theta_i,\psi_i) \qquad (10.3)$$

Donde:

$dE(\theta_i,\psi_i)$ = cantidad diferencial de iluminancia en el punto desde una dirección (θ_i,ψ_i)

Usando la ecuación 10.2, L_p se puede expresar explícitamente como una función de la luminancia distribución, $L_s((\theta,\psi))$, del entorno con respecto al punto p, sustituido en la ecuación 10.3.
La luminancia en el punto p se vuelve

$$L_p(\theta_r,\psi_r) = \int_{\Omega_s} f_r(\theta_r,\psi_r;\theta_i,\psi_i)\, L_s(\theta_i,\psi_i) \cos(\xi) d\omega_s \qquad (10.4)$$

Tenga en cuenta que la ecuación 10.4 también es válida para el uso de la BTDF de materiales y por tanto, para el cálculo de la luminancia transmitida de un material.

FIGURA 10.1 | ILUMINANCIA EN UN PUNTO DESDE UNA FUENTE PUNTUAL
Geometría del cálculo de la iluminancia en un punto desde una fuente puntual.

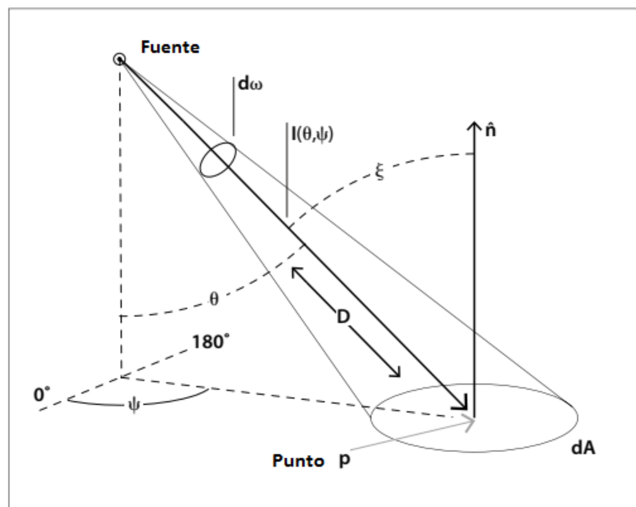
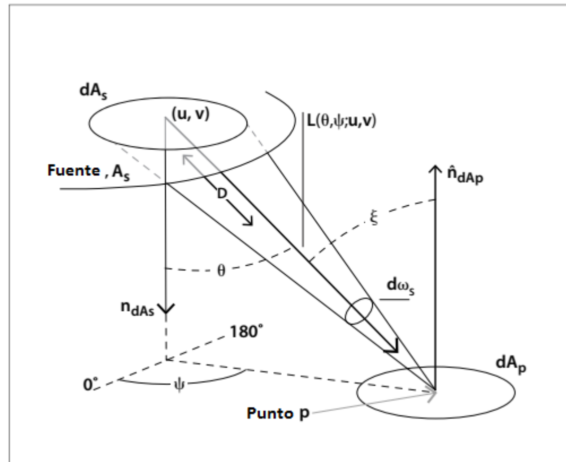


FIGURA 10.2 | ILUMINANCIA EN UN PUNTO DE UNA FUENTE DE ÁREA

Geometría del cálculo de la iluminancia en un punto de una fuente de área.



10.2.4 FLUJO EN UN ÁREA

La determinación del flujo es una parte crítica de la mayoría de los cálculos que involucran luz inter-reflejada. El flujo incidente sobre una superficie se obtiene multiplicando la iluminancia en un punto por el área diferencial alrededor de ese punto e integrando toda el área receptora. Si la fuente es un punto, entonces el flujo que produce en un área, A_r, viene dado por:

$$\Phi = \int_{A_r} \frac{I(\theta,\psi)\cos(\xi)}{D^2} dA_r \qquad (10.5)$$

Donde:

A_r= toda el área del receptor

Si la fuente es un área, entonces el flujo que produce en otra área, A_r , viene dado por:

$$\Phi = \int_{A_s} \int_{\Omega_r} \frac{I(\theta,\psi)\cos(\xi)}{D^2} d\omega_s dA_r \qquad (10.6)$$

Donde:

Ω_s = ángulo sólido completo de la fuente

A_r = área completa del receptor

10.2.5 APROXIMACIONES

Como cuestión práctica, nunca está disponible una función continua de intensidad luminosa para describir los equipos de iluminación. Más bien, se debe utilizar una matriz de valores discretos, $I'(\theta_i,\psi_j)$, i=1,......,N, j=1,....,M, que resulta de la fotometría. En este caso común es necesario utilizar un valor interpolado de intensidad luminosa $I'(\theta,\psi)$.Se debe utilizar un procedimiento de interpolación para generar el valor $I'(\theta,\psi)$ a partir de los valores entre corchetes disponibles en la matriz de valores discretos:

$$I'(\theta_i,\psi_j),\ I'(\theta_{i+1},\psi_j),\ I'(\theta_i,\psi_{j+1}),\ I'(\theta_{i+1},\psi_{j+1}).$$

Los detalles del procedimiento pueden tener un gran efecto en el valor final, especialmente si la intensidad cambia rápidamente en θ o ψ en la dirección del punto p. De manera similar, casi nunca se dispone de una función continua de luminancias de luminarias y las luminancias deben deducirse de valores de intensidad luminosa y área luminosa.

Las integrales indicadas en las ecuaciones 10.2 a 10.6 rara vez se pueden realizar analíticamente para obtener una expresión en forma cerrada. Rara vez todas las funciones y sus integrandos están disponibles en forma analítica y las configuraciones geométricas requeridas en la práctica generalmente implican relaciones con las variables de integración que son abrumadoramente complejas. Así, en casi todos los casos, se debe utilizar la integración numérica en lugar de la integración analítica. Esto se puede lograr discretizando áreas en elementos pequeños, evaluando integrandos para cada uno de estos elementos y sumando los valores resultantes. Una alternativa es transformar las integrales de área en integrales de contorno o de borde, discretizar los bordes e integrar numéricamente alrededor de los bordes de la fuente [7]. Se ha demostrado que esta aproximación es computacionalmente más rápida que la discretización de área sin pérdida de precisión. El resultado final depende de la granularidad de la discretización. En muchos casos, no es posible determinar de antemano qué tan fina debe ser la discretización para proporcionar una precisión útil. A menudo es necesario iterar o pasar por el ciclo de cálculo de discretización más de una vez, aumentando la discretización hasta que los resultados no cambien de manera significativa. Este procedimiento general se llama computación adaptativa. En algunos programas este proceso es automático, en otros está bajo el control del usuario.

10.2.6 SUPERFICIES DIFUSAS

Una superficie que emite flujo de tal manera que exhibe una distribución de intensidad que varía con el coseno del ángulo existente medido desde la superficie perpendicular se dice que tiene una distribución de intensidad perfectamente difusa. Por lo general, esto se abrevia como "distribución difusa". La intensidad perpendicular a la superficie, I_n, es la mayor en la distribución y

$$I(\theta) = I_n \cos(\theta)$$

Donde:

θ es el ángulo excitante medido desde la perpendicular

Observe que la distribución no depende del ángulo azimutal. La simplicidad de la función que describe una distribución difusa permite simplificaciones de gran alcance en las ecuaciones que los involucran como fuentes de luz o como elementos en un sistema de superficies reflectantes. Esto es particularmente importante ya que muchas superficies reales son aproximadamente difusas y los cálculos que las involucran se pueden simplificar radicalmente, lo que lleva a un software que se ejecuta rápidamente y por lo tanto, puede tener un lugar importante en el proceso de diseño y análisis de iluminación. Una superficie puede ser difusa porque es un reflector perfectamente difuso, un transmisor perfectamente difuso o genera luz de manera perfectamente difusa. Como se describe en 5.8.1 Reflectancia, muchas superficies arquitectónicas pintadas mate son aproximaciones razonables a los reflectores difusos. Los domos difusores de claraboya son aproximaciones razonables a los transmisores difusos. Muchas fuentes OLED tienen una distribución casi difusa. Las siguientes propiedades básicas de las características fotométricas de una superficie difusa son resultado directo de su distribución simple [8]. Ver 10.2.6 Superficies difusas.

$$\begin{aligned} I(\theta) &= I_n \cos(\theta) \\ I_n &= \frac{\Phi_{off}}{\pi} = \Phi_{on}\frac{\rho_{pdr}}{\pi} = E\,A\frac{\rho_{pdr}}{\pi} = \frac{M\,A}{\pi} \\ L(\theta,\psi) &= \frac{I(\theta)}{A\cos(\theta)} = \frac{I_n\cos(\theta)}{A\cos(\theta)} = \frac{I_n}{A} \\ L &= \frac{I_n}{A} = \frac{M\,A}{\pi\,A} = \frac{M}{\pi} \end{aligned} \qquad (10.7)$$

Utilizando estas propiedades y la definición de ángulo sólido, la ecuación 10.2 se puede simplificar para obtener la iluminancia en un punto procedente de una fuente de área uniforme y difusa:

$$E_p = \frac{M}{\pi}\int_{\Omega_s}\frac{\cos(\xi)}{D^2}d\omega_s = M\frac{1}{\pi}\int_{A_s}\frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2}dA_s \qquad (10.8)$$

La suposición difusa permite que las propiedades fotométricas de la superficie se expresen como un valor único de salida, M y que estén completamente separadas de las propiedades geométricas de la superficie. Es decir, la integral es una cantidad puramente geométrica. Se llama factor de configuración, c, [9] y así si

$$c = \frac{1}{\pi}\int_{A_s}\frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2}dA_s \qquad (10.9)$$

entonces la iluminancia en un punto desde una superficie difusa uniforme con salida M_s es simplemente

$$E_p = M_s\,c \qquad (10.10)$$

Si se invierte la dirección del flujo supuesta en la Figura 10.2 y se supone que el área en el punto p es la fuente difusa, entonces la ecuación también proporciona una expresión para la fracción del flujo total que emite que llega directamente al área grande. 10.9. Así, un factor de configuración también se puede definir como aquella fracción del flujo total emitido por un emisor difuso diferencial que es recibido directamente por un área. Esto muestra que el factor de configuración tiene valores límite

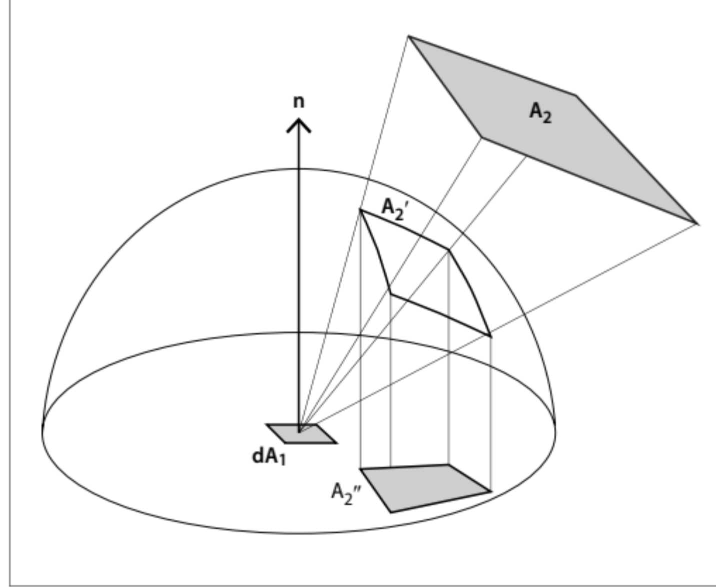
$0 \le c \le 1.$

La ecuación 10.9 se puede evaluar analíticamente para un gran número de condiciones geométricas para producir expresiones de forma cerrada para el factor de configuración [10]. Una selección de estas expresiones se encuentra en el Formulario. La naturaleza puramente geométrica del factor de configuración permite el desarrollo de lo que se llama álgebra de factores de configuración y también una analogía geométrica de su valor. La figura 10.3 muestra esta analogía.

La analogía también muestra otra propiedad notable de las fuentes difusas uniformes: la iluminancia que producen en un punto depende sólo de su contorno o silueta vista desde el punto. Esta propiedad también se puede demostrar matemáticamente [11]. Si se considera que una fuente de área difusa ilumina un receptor de área, entonces la ecuación 10.6 se simplifica y el flujo $\theta_{s\to r}$ de una fuente de área difusa uniforme A_s con excitancia uniforme---

FIGURA 10.3 | ANALOGÍA DE NUSSELT PARA FACTORES DE CONFIGURACIÓN

La analogía de Nusselt para el cálculo de un factor de configuración para la superficie A_2 y el punto en dA_1. La superficie A_2 se proyecta radialmente sobre un hemisferio con la base centrada en dA_1, dando como resultado la proyección $A_{2'}$. Ésta, a su vez, se proyecta hacia abajo hasta la base del hemisferio, dando como resultado la proyección $A_{2''}$. El factor de configuración es numéricamente igual al área de $A_{2''}$ dividida por el área de la base circular del hemisferio.



--- M_s, que llega directamente a una zona receptora A_r es

$$\Phi_{s\to r} = \frac{M_s}{\pi} \int_{A_r} \int_{A_s} \frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2} dA_s dA_r \tag{10.11}$$

Esto supone que todos los puntos de A_s tienen una visión sin obstáculos de A_r. Al igual que el factor de configuración, la integral es una cantidad puramente geométrica. Es habitual escalar la cantidad geométrica según el área de origen y así

$$\begin{aligned}\Phi_{s\to r} &= \frac{A_s M_s}{\pi} \frac{1}{A_s} \int_{A_r} \int_{A_s} \frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2} dA_s dA_r \\ &= \Phi_s \frac{1}{\pi A_s} \int_{A_r} \int_{A_s} \frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2} dA_s dA_r\end{aligned} \tag{10.12}$$

De manera análoga al factor de configuración, un factor de forma $f_{r\to s}$ se puede definir como la parte puramente geométrica de la ecuación 10.12.

$$f_{s\to r} = \frac{1}{\pi A_s} \int_{A_r} \int_{A_s} \frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2} dA_s dA_r \tag{10.13}$$

El factor de forma $f_{r\to s}$ da la fracción del flujo que sale de A_s y que llega directamente a A_r. Así

$$\Phi_{s \to r} = \Phi_s f_{s \to r} \qquad (10.14)$$

La ecuación 10.13 se puede evaluar analíticamente para un gran número de condiciones geométricas para producir expresiones en forma dosificada para el factor de forma [10]. Una selección de estas expresiones se encuentra en el Formulario. Al igual que los factores de configuración, se puede demostrar que los factores de forma obedecen a un álgebra y entre las relaciones que se pueden establecer se encuentran las siguientes.

$$\begin{aligned} & 0 \le f_{s \to r} \le 1 \\ & \sum_{r=1}^{N} f_{s \to r} = 1 \text{ (para un ambiente completamente cerrado)} \\ & A_s f_{s \to r} = A_r f_{r \to s} \\ & f_{r \to s} = \frac{A_s}{A_r} f_{s \to r} \end{aligned} \qquad (10.15)$$

Así, por ejemplo, la iluminancia promedio en A_r producida por una fuente difusa uniforme A_s

$$\bar{E}_r = \frac{\Phi_{s \to r}}{A_r} = \frac{\Phi_s}{A_r} f_{s \to r} = \frac{\Phi_s}{A_r}\frac{A_r}{A_s} f_{r \to s} = \frac{\Phi_s}{A_r} f_{r \to s} = \bar{M}_s f_{r \to s} = \bar{E}_s \rho_s f_{r \to s} \qquad (10.16)$$

Los factores de configuración y forma crean la base para el análisis de transferencia radiativa difusa que se incorpora en la mayoría del software utilizado en el diseño y análisis de iluminación.

10.3 DATOS FOTOMÉTRICOS PARA CÁLCULOS

Los cálculos de iluminación implican las características fotométricas de luminarias y materiales arquitectónicos, cuantificadas y suministradas en una forma que puede usarse en software de iluminación comúnmente disponible. Los procedimientos de medición para adquirir datos que describen la fotometría de la luminaria y la reflectancia y transmitancia de la superficie se han estandarizado para permitir dicho uso.

Cuadro 10.1 | Tabulación de ecuaciones fundamentales

Cantidad	Condición	Fórmula	
Iluminancia en un Punto	Fuente Puntual	$E_p = \frac{I(\theta,\psi)\cos(\xi)}{D^2}$	
Iluminancia en un Punto	Fuente Puntual, usando una matriz de Intensidad	$E_p = \frac{I'(\theta,\psi)\cos(\xi)}{D^2}$	$I'(\theta,\psi)$ interpolada desde: $I'(\theta_i,\psi_j), I'(\theta_{i+1},\psi_j), I'(\theta_i,\psi_{j+1}), I'(\theta_{i+1},\psi_{j+1})$ $\theta_i \le \theta \le \theta_{i+1}$ and $\psi_j \le \psi \le \psi_{j+1}$
Flujo en un Área	Fuente Puntual	$\Phi = \int_{A_r} \frac{I(\theta,\psi)\cos(\xi)}{D^2} dA_r$	
Flujo en un Área	Fuente Puntual, usando un área Integral Aproximada	$\Phi = \sum_{i=1}^{N} \frac{I'(\theta_i,\psi_i)\cos(\xi_i)}{D^2}\Delta A_i$	N = número de piezas de área ΔA_r = área de la i ésima pieza $I'(\theta_i,\psi_i)$ = intensidad interpolada de la pieza
Iluminancia en un Punto	Fuente de Área, Luminancia Arbitraria	$E_p = \int L(\theta,\psi;u,v)\cos(\xi)\, d\omega_s$	
Iluminancia en un Punto	Fuente de Área, Luminancia Homogénea	$E_p = \int L(\theta,\psi)\cos(\xi)\, d\omega_s$	
Iluminancia en un Punto	Fuente de Área, Luminancia Homogénea, usando un área Integral Aproximada	$E_p = \sum_{i=1}^{N} \frac{L'(\theta_i,\psi_i)\cos(\theta_i)\cos(\xi_i)}{D_i^2}\Delta A_i$	N = número de piezas de área ΔA_r = área de la i ésima pieza $L'(\theta_i,\psi_i)$ = interpolada de la i ésima pieza
Iluminancia en un Punto	Fuente de Área, usando Intensidad Luminosa de Campo Lejano y una Integral de Área Aproximada	$E_p = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{N} \frac{I'(\theta_i,\psi_i)\cos(\xi_i)}{D_i^2}\Delta A_i$	N = número de piezas de luminaria ΔA_i = área de la primera i ésima pieza de luminaria $I'(\theta_i,\psi_i)$ = interpolada de la i ésima pieza
Iluminancia en un Punto	Fuente de Área, Excitancia Homogénea Difusa	$E_p = M\frac{1}{\pi}\int_{A_s} \frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2} dA_s$	M = excitancia difusa de la fuente tipo área A_s = área total de la fuente
Flujo en un Área	Fuente de Área, Luminancia Arbitraria	$\Phi = \int_{A_r}\int_{\Omega_s} L(\theta,\psi;u,v)\cos(\xi)\, d\omega_s\, dA_r$	Ω_s = ángulo sólido completo de la fuente A_r = área completa del receptor
Flujo en un Área	Fuente de Área, Luminancia Homogénea, usando una Integral de Área Aproximada	$\Phi = \sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} \frac{L'(\theta_{ij},\psi_{ij})\cos(\theta_{ij})\cos(\xi_{ij})\Delta A_i \Delta A_j}{D_{ij}^2}$	N = número de piezas fuente K = número de piezas receptor ΔA_i = i ésima pieza de fuente
Flujo en un Área	Fuente de Área, usando Intensidad Luminosa de Campo Lejano y una Integral de Área Aproximada	$\Phi = \sum_{j=1}^{K}\frac{1}{A_s}\sum_{i=1}^{N} \frac{I'(\theta_{ij},\psi_{ij})\cos(\xi_{ij})\Delta A_i}{D_{ij}^2}\Delta A_j$	ΔA_j = j ésima pieza de receptor $L'(\theta_{ij},\psi_{ij}), I'(\theta_{ij},\psi_{ij})$ son interpoladas por cada (i,j) A_s = área completa de la fuente

Cuadro 10.1 | Tabulación de ecuaciones fundamentales continúa en la página siguiente

Cuadro 10.1 | Tabulación de ecuaciones fundamentales viene de la página anterior

Cantidad	Condición	Fórmula
Flujo en un área	Fuente de área, Exitancia Difusa Homogénea	$\Phi_{s\to r} = \frac{M_s}{\pi}\int_{A_r}\int_{\Omega_s}\cos(\xi)d\omega_s dA_r = \frac{M_s}{\pi}\int_{A_r}\int_{A_s}\frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2}dA_s dA_r$
Factor de Configuración	Sin oclusión	$c = \frac{1}{\pi}\int_{A_s}\frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2}dA_s$
Factor de Forma	Sin oclusión	$f_{s\to r} = \frac{1}{\pi A_s}\int_{A_r}\int_{A_s}\frac{\cos(\theta)\cos(\xi)}{D^2}dA_s dA_r$
Iluminancia en un Punto	Fuente Difusa Uniforme	$E_p = M_s c$
Iluminancia Promedio en una Superficie	Fuente Difusa Uniforme	$\bar{E}_r = \bar{M}_s f_{r\to s}$

10.3.1 FOTOMETRÍA DE LUMINARIAS PARA CÁLCULOS

Las distribuciones de intensidad luminosa equivalentes se utilizan para especificar las características de distribución de flujo espacial de las luminarias. Consulte 5.7.2 Intensidad luminosa y 9.9.2 Fotometría de distribución. La fotometría de luminarias proporciona la intensidad luminosa equivalente en un conjunto de direcciones, con el espaciado angular de las mediciones lo suficientemente pequeño como para proporcionar una descripción precisa y útil de la distribución.

10.3.2 FOTOMETRÍA DE LUMINARIAS DE CAMPO LEJANO

La fotometría determina la intensidad mediante cálculo, utilizando una medición de iluminancia y una distancia de prueba. Para la mayoría de la fotometría, la distancia de prueba es constante para todos los puntos de medición. Por tanto, las mediciones de iluminancia se realizan en posiciones de una esfera imaginaria con un radio igual a la distancia de prueba. El centro de la esfera coincide con un punto fiduciario en el interior de la luminaria. Este llamado centro fotométrico es a menudo el origen del sistema de coordenadas utilizado para los cálculos. Si se calculan las iluminancias a partir de estos datos, se obtienen valores correctos sólo si la distancia de cálculo es la misma que la distancia de prueba fotométrica y la superficie iluminada perpendicular está orientada hacia el centro fotométrico de la luminaria; dejando de lado todos los demás factores que puedan afectar el resultado. Sin embargo, independientemente del tamaño de la luminaria, siempre es posible elegir una distancia fotométrica, D_t, lo suficientemente grande como para que las iluminancias producidas a distancias mayores que D_t varíen (casi) como el inverso del cuadrado de la distancia al centro fotométrico. Esto se mostró en los emisores difusos [12] [13]. Para ellos, si D_t era cinco veces la dimensión máxima del emisor, se obtenía una precisión computacional de, en el peor de los casos, 2%. Esta "regla de las cinco veces" se ha adoptado como práctica fotométrica estándar. [14] Se trata de fotometría de campo lejano y se utiliza una distancia de al menos D_t para realizar las mediciones de iluminancia a partir de las cuales se calculan las intensidades luminosas

equivalentes, que luego se pueden utilizar para calcular iluminancias a distancias mayores que D_t, tratando la luminaria como una fuente puntual. Prácticamente toda la fotometría comercial es fotometría de campo lejano.

Los cálculos de iluminancia a distancias inferiores a D_t y que suponen que la luminaria es una fuente puntual probablemente sean inexactos [15] [16]. Cabe señalar que las distribuciones distintas a las difusas tienen diferentes valores de D_t sin embargo, es habitual aplicar la regla de cinco veces a la mayoría de la fotometría de luminarias de interior.

10.3.3 FOTOMETRÍA DE LUMINARIAS DE CAMPO CERCANO

La fotometría de campo cercano describe la distribución espacial del flujo de una luminaria de una manera que permite cálculos precisos de iluminancia a distancias menores que D_t. La fotometría de campo cercano es particularmente importante para analizar sistemas de iluminación indirecta. Dos tipos de La fotometría de campo cercano se ha desarrollado expresamente para mejorar la precisión computacional. La fotometría de distancia de aplicación utiliza distancias de prueba que son iguales a las distancias a las que se realizarán los cálculos de iluminancia [17] [18] [19]. No se hacen suposiciones sobre la invariancia de la distancia. En este caso, la luminaria debe tratarse como una fuente puntual para los cálculos. Dado que es probable que los cálculos de iluminancia se realicen a muchas distancias, la fotometría de distancia de aplicación proporciona distribuciones de intensidad para varias distancias de prueba. La fotometría de campo de luminancia [20] [21] mide e informa la distribución de luminancia de la luminaria vista desde un conjunto de puntos que rodean completamente la luminaria. Todos los puntos están a la misma distancia del centro fotométrico de la luminaria. Dicho con precisión, los datos describen un campo escalar de luminancia de cuatro dimensiones. A partir de estos datos de luminancia, se puede calcular la iluminancia a cualquier distancia y orientación de la luminaria. Las mediciones fotométricas del campo de luminancia se pueden realizar utilizando una cámara de vídeo CCD [20]; sin embargo, la cantidad de datos puede resultar difícil de gestionar [5].

10.3.4 PROPIEDADES DE SUPERFICIES Y MATERIALES

En muchos casos, la reflectancia o transmitancia de las superficies no se conoce en el momento del diseño y a menudo se supone que esto limita, si es que no elimina la utilidad de los cálculos. Pero en este caso, si los cálculos se realizan con los valores más bajos y más altos de reflectancia o transmitancia que sean razonablemente esperados, el conjunto de cálculos resultante revela la sensibilidad del rendimiento del sistema de iluminación a los acabados de las superficies.

10.3.4.1 REFLEXIÓN

Muchas superficies y acabados utilizados en arquitectura exhiben una reflectancia que es lo suficientemente difusa como para considerarse perfectamente difusa. Esto es importante a efectos computacionales, ya que pueden considerarse emisores difusos independientemente de la dirección de incidencia de la luz. A menos que se indique expresamente lo contrario, la mayoría del software asume que las reflectancias especificadas por el usuario son reflectancias perfectamente difusas. En algunos casos, las suposiciones sobre la difusión conducirán a resultados muy inexactos. Un ejemplo de esto es el cálculo de la luminancia de tareas visuales, como marcas de lápiz sobre papel, marcas grabadas en una regla y superficies de carreteras. En estos casos se debe utilizar el BRDF de una superficie. El modelado del rendimiento de las luminarias y la generación de representaciones fotorrealistas de entornos iluminados requieren información de reflectancia bidireccional sobre las superficies [22] [23] [24].

Además de simplificar las características de distribución espacial de la reflectancia, a menudo es permisible y necesario simplificar sus características espectrales. Es una aproximación útil suponer que la reflectancia es espectralmente plana y

se le asigna una “reflectancia gris” igual al valor integrado de la reflectancia espectral de la superficie iluminada por una fuente de energía igual. Por lo tanto, se supone que la superficie exhibe la misma reflectancia independientemente de la distribución de potencia espectral de la luz incidente utilizada en los cálculos. Esto se conoce como el “supuesto gris”.

Aunque esto simplifica los cálculos y normalmente sólo introduce pequeños errores, pueden surgir dificultades. La reflectancia de una superficie con un color profundamente saturado suele tener una reflectancia significativa sólo en una banda estrecha de longitudes de onda. El uso de una fuente de luz espectralmente diferente de la utilizada para realizar una medición de reflectancia puede provocar grandes errores cuantitativos y cambios significativos en el color representado. También pueden surgir errores al calcular con una luz "blanca" de banda ancha y superficies de colores saturados.

10.3.4.2 TRANSMITANCIA

Muchas superficies transmisoras utilizadas en arquitectura preservan la imagen o son difusas. Ver 1.5.1.2 Transmisión. Estos dos casos normalmente pueden tratarse con suficiente precisión, si se hace el supuesto gris, con la transmitancia representada por un solo valor. Algunos programas tratan las transmitancias de esta manera, mientras que otros no asumen el supuesto gris y utilizan datos de transmitancia espectral completos o una aproximación que utiliza transmitancias rojas, verdes y azules de banda ancha. En algunos casos, las suposiciones sobre la transmitancia de un solo valor conducirán a resultados muy inexactos. Algunos ejemplos son el gran cambio en la transmitancia del vidrio de ventana común en ángulos de incidencia elevados y la transmitancia de los sistemas de fenestración de luz natural diseñados para redirigir y dispersar la luz solar. En el primer caso es suficiente una función de transmitancia angular de un ángulo, en el segundo se debe utilizar la función de distribución de transmitancia bidireccional (BTDF) del material [25] [26]. Consulte 1.5.1.2 Transmisión y formulario para ver ecuaciones y aproximaciones útiles.

10.4 MODELOS DE TRANSPORTE DE LUZ

La mayoría de las características cuantitativas de un diseño de iluminación propuesto se pueden determinar del cálculo de la iluminancia, a veces aumentada con información sobre las direcciones del incidente. Todas las evaluaciones más básicas de sistemas de iluminación utilizan la iluminancia.

Éstas incluyen:

• iluminancia en una serie de puntos

• promedios de iluminancia,

• relaciones de iluminancia que incluyen promedios, mínimos o máximos

Las luminancias de superficie se pueden determinar a partir de información detallada de iluminancia y de las propiedades de reflexión o transmisión de la superficie. Estos casos incluyen:

• luminancias para determinar el contraste visual del objetivo

• luminancias en evaluaciones de deslumbramiento

• luminancias de las carreteras

• luminancias para construir una representación de un espacio iluminado

En prácticamente todos los cálculos de iluminación es conceptual y computacionalmente conveniente separar el cálculo de la iluminancia en componentes directos e interreflejados. El componente directo es el flujo que incide directamente desde una fuente: una luminaria o un componente de un sistema de suministro de luz natural. El componente interreflejado es el flujo que incide en las superficies que se vuelven luminosas por los múltiples reflejos de la luz dentro de un espacio. La iluminancia total es la suma de los dos componentes:

$$E = E_{direct} + E_{interreflected} \quad (10.17)$$

Algunas evaluaciones tienen sólo un componente directo, como los cálculos de iluminancia o luminancia realizados en muchas aplicaciones al aire libre, en carreteras y deportivas donde el componente interreflejado se presume insignificante o se requiere que sea ignorado. Algunas evaluaciones tienen sólo un componente interreflejado, como los cálculos de iluminancia del plano de trabajo en un espacio con sólo un sistema de iluminación indirecta. La mayoría de las evaluaciones de aplicaciones de iluminación interior y algunas aplicaciones exteriores tienen componentes tanto directos como interreflejados. Para calcular computacionalmente los valores mantenidos, se utilizan factores de pérdida de luz en el cálculo de los componentes directo e interreflejado de la ecuación 10.17.

10.4.1 CÁLCULOS DE COMPONENTES DIRECTOS

Los cálculos de los componentes de iluminancia directa de las luminarias se basan en la información fotométrica y geométrica disponible. Prácticamente en todos los casos, sólo está disponible información fotométrica de campo lejano y se presenta en uno de los formatos electrónicos estándar [27]. Esta información fotométrica tan básica requiere suposiciones adicionales si se utiliza para predecir los efectos de luminarias reales. Consulte 10.2 Cálculo de iluminancia, luminancia y flujo y 10.3.1 Fotometría de luminarias para realizar cálculos. Los cálculos de componentes directos de los sistemas de suministro de luz natural se basan en modelos del sol y el cielo como fuentes de luz y en información fotométrica y geométrica disponible sobre vidriados, persianas, cortinas, estantes de luz y otros dispositivos utilizados en la iluminación natural. Consulte 7.1 Luz natural para obtener una descripción de los modelos de sol y cielo, y 14.2.3.1 Análisis inicial de iluminación natural.

10.4.2 CÁLCULOS DE COMPONENTES INTERREFLEJADOS

La determinación del componente de iluminancia interreflejada requiere la luminancia de las superficies que comprenden el entorno iluminado. Generalmente, se utilizan dos métodos para determinarlos: transferencia radiativa y trazado de rayos. En la literatura sobre infografía, el componente interreflejado se describe como “iluminación global”(GI).

10.4.2.1 TRANSFERENCIA RADIATIVA

La transferencia radiativa utiliza el modelo de flujo masivo de transporte de luz para realizar cálculos de iluminación. El transporte de luz se modela como un haz de flujo divergente que irradia hacia afuera desde una superficie. El flujo radiante o luminoso se introduce en un modelo de transferencia radiativa de un entorno arquitectónico mediante luminarias o fuentes de luz natural. Este flujo alcanza varias superficies donde se refleja y se dispersa como haces de flujo divergentes adicionales, o se absorbe. Estos haces de flujo divergentes reflejados luego irradian a otras superficies. El proceso puede continuarse varias veces, teniendo en cuenta tantas reflexiones múltiples como lo requiera la necesidad o los recursos lo permitan. Al final de este proceso, el número total de lúmenes que llegan a una superficie, combinado con su reflectancia, se puede utilizar para determinar la luminancia. El cálculo de la transferencia radiativa se simplifica radicalmente si se supone que todas las superficies involucradas exhiben una reflectancia perfectamente difusa. Es decir, el flujo reflejado

tiene una distribución difusa, independiente de la dirección de incidencia, por lo que la transferencia entre superficies es sencilla de expresar. La mayoría de los cálculos radiativos en iluminación arquitectónica parten de esta suposición. En la literatura sobre gráficos por computadora, el método de transferencia radiativa difusa se denomina “radiosidad”. Inherente a este modelo es el tratamiento de superficies que interactúan radiativamente como elementos discretos que exhiben propiedades reflectantes, transmisivas y fotométricas constantes en toda su extensión. Se escribe una ecuación de equilibrio de flujo para cada elemento, que iguala el flujo total que sale de un elemento con el flujo incidente total multiplicado por la reflectancia del elemento. El flujo incidente total tiene un componente directo debido a las fuentes eléctricas y de luz natural y un componente interreflejado debido al flujo de todos los demás elementos. La igualdad en la expresión del equilibrio de flujo existe cuando se tienen en cuenta todas las interreflexiones. Para el elemento i ésimo de un sistema de transferencia radiativa, la ecuación es

$$\Phi_i = \Phi_{oi} + (f_{1\rightarrow i}\Phi_1\rho_1 + f_{2\rightarrow i}\Phi_2\rho_2 + \ldots + f_{m\rightarrow i}\Phi_m\rho_m) \qquad (10.18)$$

Esto se puede escribir para cada elemento de superficie en el sistema, i=1,...,m y un conjunto de resultados lineales, de ecuaciones independientes y simultáneas. Expresado en forma matricial, esto da

$$\begin{bmatrix}\Phi_1\\ \Phi_2\\ \vdots\\ \Phi_m\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\Phi_{01}\\ \Phi_{02}\\ \vdots\\ \Phi_{0m}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\rho_1 f_{1\rightarrow 1} & \rho_2 f_{2\rightarrow 1} & \cdots & \rho_m f_{m\rightarrow 1}\\ \rho_1 f_{1\rightarrow 2} & \rho_2 f_{2\rightarrow 2} & \cdots & \rho_m f_{m\rightarrow 2}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \rho_1 f_{1\rightarrow m} & \rho_2 f_{2\rightarrow m} & \cdots & \rho_m f_{m\rightarrow m}\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}\Phi_1\\ \Phi_2\\ \vdots\\ \Phi_m\end{bmatrix} \qquad (10.19)$$

Donde:

m = número de elementos en el sistema
Φ_i = flujo hacia el elemento i ésimo, debido al flujo directo e interreflejado
ρ_i = reflectancia difusa del i ésimo elemento
Φ_{0i} = flujo directo hacia el i ésimo elemento (debido a fuentes como luminarias y luz diurna)
$f_{i\rightarrow j}$ = factor de forma del elemento i al elemento j, teniendo en cuenta las superficies oclusivas

La ecuación matricial anterior también se puede reescribir en términos de la iluminancia de cada superficie. Esta forma es particularmente valiosa cuando a una o más de las reflectancias se le asigna un valor de cero, ya que entonces la iluminancia que incide en cada elemento es independiente de la reflectancia del elemento. Tenga en cuenta que esta transformación cambia el orden de los subíndices de los factores de forma.

$$\begin{bmatrix}E_1\\ E_2\\ \vdots\\ Em\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}E_{01}\\ E_{02}\\ \vdots\\ E0m\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\rho_1 f_{1\rightarrow 1} & \rho_2 f_{2\rightarrow 1} & \cdots & \rho_m f_{m\rightarrow 1}\\ \rho_1 f_{1\rightarrow 2} & \rho_2 f_{2\rightarrow 2} & \cdots & \rho_m f_{m\rightarrow 2}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \rho_1 f_{1\rightarrow m} & \rho_2 f_{2\rightarrow m} & \cdots & \rho_m f_{m\rightarrow m}\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}E_1\\ E_2\\ \vdots\\ Em\end{bmatrix} \qquad (10.20)$$

La ecuación 10.20 se puede escribir de manera más compacta como

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{F}\,\vec{\rho}\,\vec{E} \qquad (10.21)$$

Donde:

$\vec{E}$ = vector de iluminancias finales
$\vec{E}_0$ = vector de iluminancias iniciales
$\vec{F}$ = matriz de los factores de forma
$\vec{\rho}$ = matriz diagonal de reflectancias difusas

La forma más sencilla de resolver sistemas matriciales grandes es utilizar el método de iteración [28] [5]. La iteración comienza igualando el vector $\bar{E}$ al vector de iluminancia directa $\bar{E}0$ y usándolo como estimación inicial del vector $\bar{E}$ después de las interreflexiones. Esta estimación inicial se utiliza luego en el lado derecho de la ecuación 10.21 para generar otra estimación del vector solución en el lado izquierdo. Se puede demostrar que el proceso converge. Se utilizan otros métodos de iteración que aceleran la convergencia y utilizan menos memoria de la computadora. Algunos sistemas geométricamente simples permiten soluciones de forma cerrada. Ver Tabla 10.1. Finalmente, el componente interreflectante de la iluminancia en un punto se obtiene aplicando la ecuación 10.10 a cada superficie interreflectante del sistema, usando la iluminancia en esas superficies encontrada resolviendo la ecuación 10.21 y sumando las contribuciones individuales.

$$E_{inter} = \sum_{i=1}^{N} M_i c_i = \sum_{i=1}^{N} E_i \rho_i c_i \qquad (10.22)$$

Donde:
c_i = factor de configuración desde p hasta el elemento de superficie i, que tiene en cuenta la oclusión
ρ_i = reflectancia difusa del elemento de superficie i
E_i = iluminancia del elemento de superficie i, que tiene en cuenta todas las interreflexiones

Generalmente, los modelos de transferencia radiativa discreta utilizan el supuesto de grises para las reflectancias y la salida total de lúmenes de las luminarias para resolver iluminancias espectralmente planas en cada elemento. Si las reflectancias de las superficies representan colores bastante saturados o si las fuentes están fuertemente coloreadas, entonces las distribuciones de potencia espectral de las luminarias y las reflectancias espectrales de las superficies pueden discretizarse en bandas de longitud de onda y resolver el problema general para cada banda de longitud de onda. Estas múltiples soluciones proporcionan una distribución espectral de iluminancias en cada elemento de la superficie. Alternativamente y con menos precisión, el problema de la transferencia radiativa se puede resolver utilizando tres bandas muy amplias en el espectro, correspondientes a los SPD de tres primarios en el sistema de color RGB. Los modelos de transferencia radiativa discreta pueden asignar a cada superficie sólo una reflectancia, una transmitancia y un valor único de flujo incidente. Si se sabe que una superficie presenta una reflectancia cambiante a lo largo de su extensión, un modelado preciso requiere que la superficie se rompa en pedazos más pequeños (discretizados) de acuerdo con su distribución de reflectancias. Estas piezas más pequeñas suelen ser polígonos de tres o cuatro lados. La red de vértices y bordes de esta colección de polígonos se llama malla. Además, si se prevé que una superficie exhibirá cambios de luminancia o color a lo largo de su extensión, entonces se debe mallar de acuerdo con estos cambios para que el cálculo final sea suficientemente preciso. Es decir, se necesitan elementos pequeños cuando los cambios son grandes y elementos grandes son suficientes cuando los cambios son pequeños. En este sentido, la fidelidad del resultado final depende de la naturaleza y granularidad del mallado de la superficie.
La Figura 10.4 muestra el mallado de una habitación rectangular simple que contiene objetos de sombra.

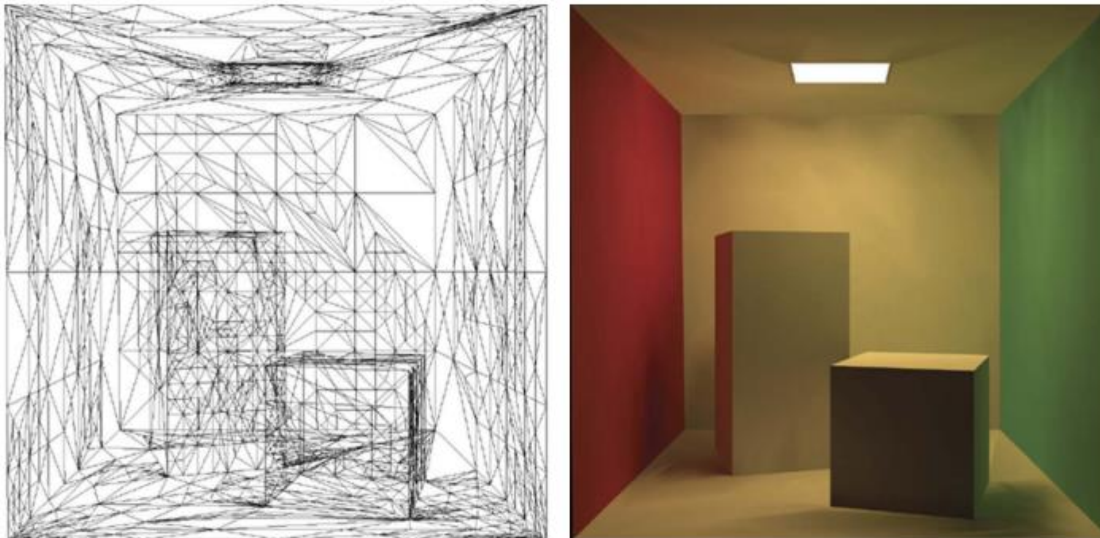
10.4.2.2 TRAZADO DE RAYOS

El trazado de rayos utiliza el modelo óptico geométrico de transporte de luz para realizar cálculos. La luz se modela como rayos, o haces de rayos, que se mueven a través de un entorno, se reflejan y se dispersan en superficies opacas, se

refractan y se dispersan a través de superficies transparentes o translúcidas [29]. La resolución de este método de transporte de luz depende del número de rayos trazados. La fidelidad del resultado final depende de la precisión con la que se modele la varianza espacial de las fuentes radiantes y de qué tan bien sean radiantes o luminosas sean las variaciones entre superficies. Ambos dependen de la densidad y por tanto del número de rayos. En la mayoría de los programas que utilizan trazado de rayos, los rayos son radiantes en lugar de entidades luminosas. Ver 5.1.3 Conceptos Radiante y Luminoso.

FIGURA 10.41 MALLADO PARA TRANSFERENCIA RADIATIVA

Mallado de superficie (izquierda) en preparación para los cálculos de transferencia radiativa utilizados para producir un renderizado (modelado) (derecha).



El trazado de rayos directos inicia los rayos hacia afuera desde fuentes de luz. Se traza un rayo o un haz de rayos hasta que encuentran una superficie que es reflectante, transmisora o ambas. Dependiendo de las propiedades ópticas de la superficie, se lanzan rayos de segundo orden desde el punto de intersección de este rayo-superficie en las direcciones apropiadas y cada una de ellas es seguida posteriormente a través del entorno, produciendo rayos de tercer orden. El número, la potencia luminosa o radiante y la dirección de los rayos de orden superior dependen de la dirección y la potencia del rayo incidente y del carácter reflectante, transmisivo, refractivo o de dispersión de la superficie que encuentra. Este proceso de generación y trazado de rayos de alto orden se repite hasta que el número de rayos de alto orden implicados es pequeño o su poder luminoso o radiante se ha reducido a la insignificancia. La figura 10.5 muestra el trazado de rayos directos. Al final del proceso de trazado de rayos, la luminancia en un punto de una superficie del entorno es proporcional al número total y la potencia de los rayos que se sabe que salen de él. El trazado de rayos directos rara vez se utiliza en software para análisis cuantitativos simples de sistemas de iluminación general, pero a veces se utiliza en análisis de iluminación natural para modelar sistemas de distribución de luz natural geométrica o fotométricamente complejos. El trazado de rayos directos se utiliza como un híbrido con transferencia radiativa para determinar las luminancias superficiales interreflejadas en el espacio. También se utiliza ampliamente en software para diseñar y analizar equipos de iluminación [30] [31]. El trazado de rayos hacia atrás se utiliza generalmente para generar imágenes renderizadas por gráficos por computadora de entornos iluminados. En este caso, se lanza un rayo en una dirección particular desde un punto de vista fijo, hacia atrás, hacia el entorno y a través de un plano de imagen imaginario. Esto se denomina rayo de orden 0 ésimo. La intersección de este rayo y el plano de la imagen define un punto de la imagen. El rayo recorre el entorno hasta que encuentra una superficie. La luminancia del punto de la imagen es la luminancia de esta superficie en la intersección del rayo en un punto de la superficie. Los rayos de orden superior desde este punto, a su vez, se lanzan hacia atrás al medio ambiente y se rastrean a través de órdenes posiblemente superiores de interacción rayo-superficie hasta que se encuentran fuentes de luz. La luminancia del punto de la imagen se determina a partir del rastro de todos estos rayos inversos. La figura 10.6 muestra el trazado de rayos hacia atrás. En algunas implementaciones de

trazado de rayos inverso, cuando el rayo de orden 0 ésimo encuentra una superficie, la luminancia directa en el punto de intersección se determina sólo esa vez desde cada fuente de luz. Se han desarrollado procedimientos sofisticados para guiar y optimizar el número y la dirección de trazado de los rayos. El mapeo de fotones [32] implica el rastreo hacia adelante y hacia atrás y se utiliza para generar imágenes renderizadas de espacios. Primero se realiza un rastreo directo, rastreando rayos (fotones) desde fuentes a través del entorno. Los rayos individuales se reflejan, transmiten, refractan o absorben. Un rayo que encuentra una superficie u objeto es absorbido o redirigido; estadísticas y la reflectancia o transmitancia de la superficie u objeto determina cuál. Cuando se absorbe, se registra la posición de un rayo y la dirección de incidencia; es decir, mapeado. El mapeo se almacena y no depende del punto de vista de la representación. En una segunda pasada, se utiliza el trazado de rayos hacia atrás en un solo paso. Un rayo se traza desde un punto de vista a través del plano de la imagen y dentro de la escena, pero sólo hasta que cruza una superficie. Cualquier rayo de primer paso que se mapeó (fue absorbido) cerca de este punto de intersección se utiliza para determinar la luminancia del punto en el plano de la imagen. Este procedimiento no requiere reasignación de primer paso cuando cambia el punto de vista de la representación; a diferencia de los procedimientos puros de trazado de rayos hacia atrás.

10.5 REPRESENTACIONES BASADAS EN CÁLCULOS

Las luminancias de superficie, calculadas en densas matrices de puntos, mostradas con la proyección geométrica adecuada en una pantalla de computadora de alta resolución, pueden producir imágenes realistas de entornos iluminados que son útiles en el diseño y análisis de sistemas de iluminación. En el límite de detalles geométricos, computacionales y de visualización, estas imágenes pueden asumir la apariencia de fotografías y a veces, se describen como representaciones fotorrealistas. Estas imágenes implican los siguientes tipos de información y trabajo computacional, adquiridos o realizados en el orden indicado [33] [34].

- Descripción geométrica del entorno
- Definición de propiedades de superficie
- Definición de propiedades de fuente de luz
- Cálculo de luminancias de superficie o radiancia espectral
- Transformación de propiedades fotométricas o radiométricas de superficie para visualización
- Visualización de imágenes

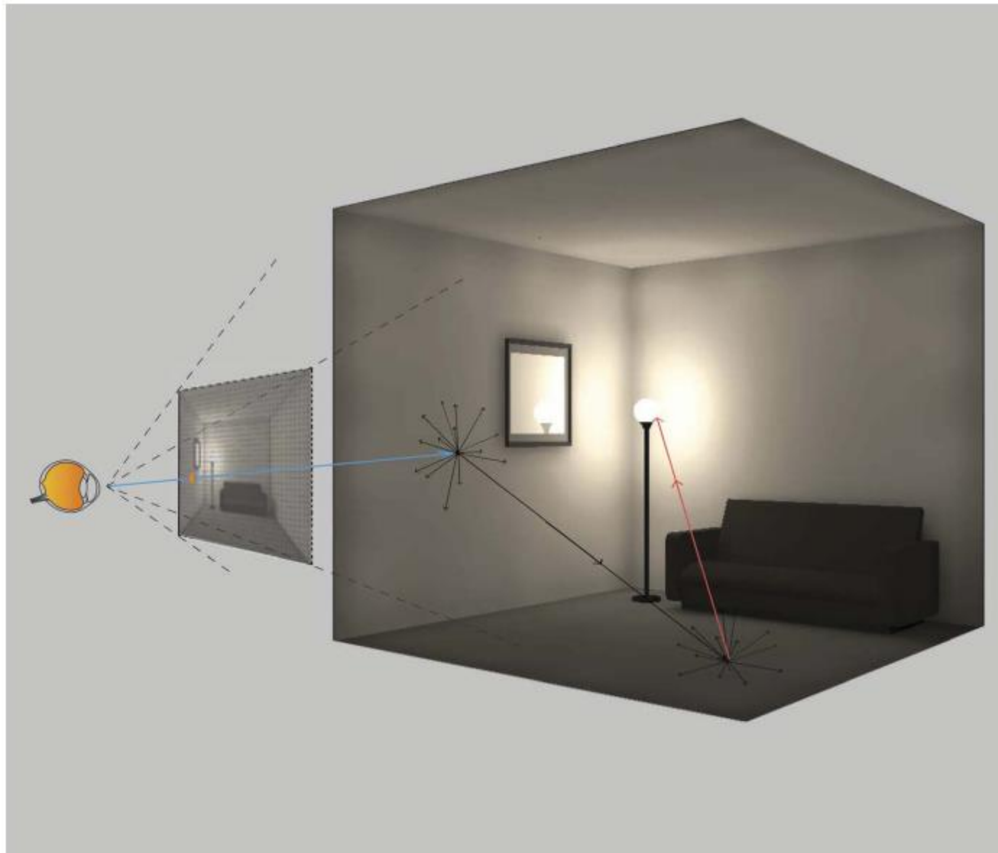
Figura 10.5 | Trazado de rayos directo

Trazado de rayos directo que muestra un rayo inicial (orden 0) en rojo que sale de la luminaria y se cruza con el suelo. Los rayos posteriores de primer orden 1 se proyectan desde este punto de intersección. Uno de estos rayos de primer orden se traza hasta que incide en otra superficie (en este caso, la pared lateral). Desde este punto de intersección se proyectan rayos de segundo orden 2. El número y la potencia de los rayos de orden superior depende del rayo incidente y de las propiedades reflectantes o transmisivas de las superficies involucradas.



FIGURA 10.6 | TRAZADO DE RAYOS HACIA ATRÁS

El trazado de rayos hacia atrás se utiliza para generar una imagen de un espacio iluminado. El rayo de orden 0 (que se muestra en azul en la figura) abandona la posición de visualización y pasa a través de un punto (que se muestra en naranja) en el plano de visualización que está ubicado entre el punto de visualización y la escena que se va a representar. Este rayo se traza hasta que incide en una superficie (en este caso, la pared lateral). Luego genera rayos de primer orden, cada uno de los cuales se rastrea hasta que choca contra una superficie. En la figura se muestra uno de estos rayos de primer orden intersectando el suelo. En este punto de intersección, el rayo de primer orden genera rayos de segundo orden. Cada uno de estos se rastrea como antes. Este proceso continúa hasta que un rayo incide sobre una fuente de luz. En la figura, uno de los rayos de segundo orden (que se muestra en rojo) incide en la luminaria. A partir de este rayo, se realiza una contabilidad retrospectiva de las intersecciones de los rayos y las propiedades de la superficie encontradas durante el rastreo y la luminancia del plano de la imagen en el punto definido por el rayo de orden 0 se incrementa apropiadamente. Un recuento de todos los rayos de orden superior generados por el rayo de orden 0 que eventualmente intersectan fuentes de luz, determina la luminancia asignada al punto en el plano de visión.



10.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GENERACIÓN DE RENDERIZADO

Los renderizados de entornos iluminados son proyecciones en perspectiva de superficies sobre un plano de visión imaginado. Qué superficies, o porciones de superficies, son visibles depende del punto de vista, el orden en que las superficies se presentan al punto de vista y la transparencia de las superficies intermedias. Cada punto visible de una superficie se proyecta a un punto del plano de visión. La figura 10.7 muestra esta disposición típica. Las propiedades fotométricas o radiométricas de cada punto de una superficie visible se determinan mediante cálculo y se convierten, mediante proyección, en las propiedades de cada punto del plano de visión. Para la mayoría de los sistemas informáticos, estas propiedades fotométricas o radiométricas se convierten en tres valores, cada uno de los cuales oscila entre 0 y 255, que determinan la luminancia de los elementos rojo, verde y azul (RGB) que componen un solo píxel en la pantalla de la computadora. Todo o parte del plano de visualización se muestra en la pantalla de la computadora y cada píxel se establece en su valor RGB calculado. Consulte 10.5.4 Propiedades y limitaciones de pantalla.

10.5.2 BASE COMPUTACIONAL

La base computacional para las renderizaciones tiene dos aspectos principales: si el cálculo es fotométrico o radiométrico, y si el cálculo se basa en transferencia radiativa, trazado de rayos o una combinación de ambos.

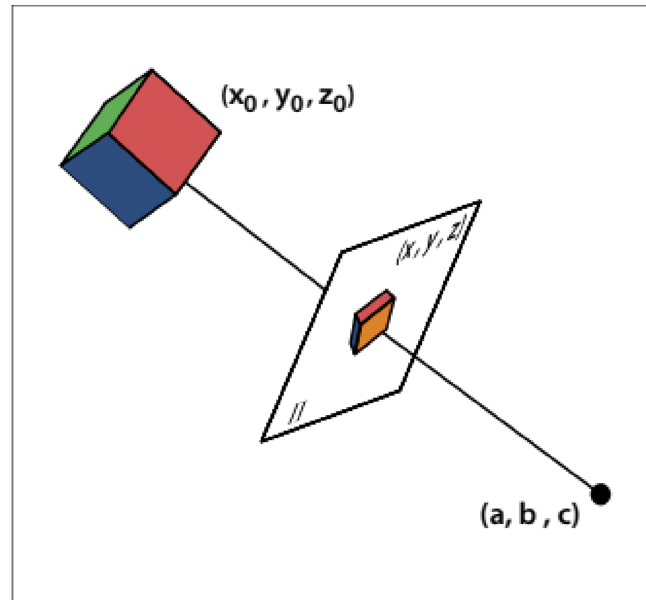
10.5.2.1 CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS

Algunos programas de renderizado basados únicamente en cálculos fotométricos producen renderizados en escala de grises. Las fuentes de luz se describen con flujo o intensidad, valores únicos que subsumen las propiedades espectrales de la fuente. Las propiedades de los materiales se describen con reflectancia o transmitancia integrada, valores que subsumen la reflectancia o transmitancia espectral en una sola cantidad. Los cálculos que utilizan sólo estas cantidades

suelen hacer el llamado "supuesto gris", es decir, las propiedades espectrales de fuentes y superficies son planas o uniformes.

FIGURA 10.7 | PROYECCIONES DE RENDERIZADO

Proyección de renderizado en perspectiva típica. El objeto se proyecta sobre un plano de imagen, P, ubicado con respecto a una posición de visualización (a,b,c) y perpendicular a la dirección de visión. Todos los puntos (x_0,y_0,z_0) en el entorno se proyectan a puntos (x,y,z) en el plano de visualización. Los puntos de proyección están a lo largo de líneas que convergen al punto de observación. Si sólo se muestran las esquinas y los bordes de las superficies, se genera la llamada vista de estructura alámbrica del espacio.



Las luminancias calculadas sobre esta base sólo pueden asignarse a una única escala de percepción: la luminosidad. Los cálculos fotométricos tienen la ventaja de requerir sólo información comúnmente disponible sobre equipos y materiales de iluminación.

10.5.2.2 CÁLCULOS RADIOMÉTRICOS

El software de renderizado basado en cálculos radiométricos puede producir renderizados de color. Las fuentes se caracterizan no sólo por una distribución espacial del flujo sino también por una distribución espectral de potencia. Las superficies se describen con reflectancias y transmitancias espectrales. Los cálculos resultantes son radiancias espectrales en puntos de las superficies. Como ocurre con cualquier dato espectral, estos se pueden transformar en cantidades colorimétricas y en la medida en que lo permitan las pantallas de computadora, se pueden utilizar para mostrar los colores de la superficie. Consulte 6.5 Especificación de color digital. En algunos programas, los cálculos radiantes se realizan utilizando tres bandas amplias y superpuestas en el espectro radiométrico, concentradas en las longitudes de onda larga, media y corta. Suelen denominarse rojo, verde y azul, o RGB. Las superficies tienen propiedades reflectantes y transmisivas especificadas por tres valores en estas regiones de longitud de onda. A menos que se disponga de información específica, se supone que las fuentes tienen una distribución de potencia espectral de un cuerpo negro de 6500 K. Esta potencia radiante se reparte en las tres bandas radiométricas.

10.5.2.3 CÁLCULOS DE TRANSFERENCIA RADIATIVA

Las luminancias o radiancias de la superficie se pueden calcular utilizando la solución de la ecuación 10.21 y las reflectancias de la superficie. Ver 10.4.2.1 Transferencia Radiativa. La luminancia o radiancia de un elemento discretizado se asigna a un punto del elemento. Estos puntos se tratan como vértices de triángulos que se proyectan en el plano de visualización y se muestran. Los puntos entre estos vértices tienen luminancias o radiancias determinadas por

interpolación. Esta interpolación final suele ser bilineal y a menudo se realiza mediante gráficos por computadora. En este caso, la precisión o resolución espacial depende de la discretización utilizada en el cálculo de la transferencia radiativa, ya que determina el espaciado y la posición de los puntos. Una malla con elementos grandes puede producir patrones de luminancia incorrectos, especialmente con luminarias que están cerca de una superficie como en el caso de un aplique de pared, una ranura de pared o una luminaria indirecta. Los sistemas de renderizado de este tipo pueden exhibir artefactos causados por la falla de los bordes o vértices de los triángulos para alinearse con los bordes geométricos y las intersecciones, como cuando las superficies están cubiertas por superficies que se tocan o se cruzan. Esto puede dar como resultado áreas inapropiadas de alta o baja luminancia, llamadas fugas de luz o fugas de sombra. Este problema puede resolverse mediante restricciones geométricas adicionales en el proceso de discretización de la transferencia radiativa, o minimizarse calculando el componente directo de las luminancias en un conjunto de puntos más cercanos o más cuidadosamente ubicados.

Un procedimiento alternativo es calcular las luminancias de la superficie en puntos no necesariamente relacionados con la discretización de la superficie subyacente, pero espaciados y ubicados basándose únicamente en los gradientes de luminancia anticipados y el contacto o intersecciones de la superficie. La luminancia en estos puntos no se determina a partir de la superficie subyacente, sino mediante el uso de las ecuaciones 10.22 y las aproximaciones de 10.2 para calcular la iluminancia en el punto y luego usar la reflectancia difusa de la superficie para obtener la luminancia. Este procedimiento tiene la ventaja de desacoplar la discretización y el posterior análisis de transferencia radiativa del cálculo deseado para visualizar las luminancias superficiales en los modelados. Es decir, los dos pueden tener diferentes resoluciones espaciales. Este procedimiento tiene la desventaja de implicar un paso computacional adicional.

Prácticamente todos los sistemas de modelado (renderizado) que utilizan transferencia radiativa se basan en la transferencia radiativa difusa en el sentido de que se supone que las superficies reflectantes son difusas. Sin embargo, incluso en el caso de un modelo de transferencia radiativa difusa, no es necesario suponer que algunos tipos especiales de transferencia, como el flujo que pasa a través de ventanas, sean difusos.

10.5.2.4 CÁLCULOS DE TRAZADO DE RAYOS (RAY TRACING)

Los cálculos de trazado de rayos se describen en 10.4.2.2 Trazado de rayos. En la mayoría de los casos, el trazado de rayos hacia atrás, junto con los resultados almacenados en caché de un trazado de rayos hacia adelante, se utiliza para determinar las propiedades fotométricas o radiométricas de los puntos en el plano de visión. En estos casos, la posición de estos puntos no está determinada por la proyección hacia adelante desde el entorno, sino hacia atrás: desde el punto de vista, a través de una posición que corresponde exactamente a la posición de un píxel en la pantalla de la computadora, y de regreso al entorno. Esto produce la mayor resolución espacial. El trazado de rayos explica fácilmente las propiedades de reflectancia y transmitancia direccionales de los materiales. Dado que se trazan los rayos individuales, no es necesario hacer suposiciones sobre su distribución reflejada o transmitida. Más bien, los datos bidireccionales de reflectancia y transmitancia que describen los materiales, cuando están disponibles, se utilizan para determinar las direcciones de los rayos reflejados, transmitidos o refractados.

10.5.2.5 CÁLCULOS MIXTOS

Algunos sistemas de software combinan transferencia radiativa y trazado de rayos. Es posible explicar aproximadamente la apariencia visual de la reflexión especular y semiespecular en un entorno separando el cálculo de la luminancia directa e interreflejada de una superficie utilizada en una representación. Una implementación de este procedimiento calcula la luminancia interreflejada utilizando la reflectancia integrada de la superficie y la luminancia directa utilizando el BRDF apropiado. La componente interreflejada en cada punto de la superficie se calcula usando la ecuación 10.22, la componente directa usando la ecuación 10.4 o su aproximación. Los cálculos mixtos son aproximaciones a lo que es rigurosamente un problema de transferencia radiativa no difusa. Son confiables cuando la cantidad de transferencia no difusa en el ambiente es pequeña. Es decir, cuando el número de lúmenes transportados en el ambiente por reflexión no difusa es pequeño. Este es el caso cuando el componente especular de la reflectancia mixta es pequeño en comparación

con la reflectancia total, o cuando el área de superficie con reflectancias no difusas es pequeña en comparación con el total.

10.5.3 AGREGAR REALISMO A LOS MODELADOS (RENDERIZACIONES)

El mapeo de texturas es un procedimiento de modelado que modifica una superficie mediante el equivalente computacional de aplicar un patrón después de que se hayan completado todos los demás cálculos [35]. El patrón puede tener distintos niveles de transparencia y color y a menudo, se utiliza para simular texturas de vetas de madera, mármol y azulejos y otros acabados superficiales. El mapeo de texturas puede agregar un realismo considerable a una representación.

El mapeo de relieve (BUMP) es un procedimiento de renderizado que altera el cálculo de luminancia (a menudo sólo el componente directo) en puntos de una superficie. En cada punto, se consulta un mapa de altura de textura y la normal de la superficie en ese punto se modifica en consecuencia. Esta normal perturbada se utiliza en el cálculo de la luminancia en el punto. Dependiendo del mapa de altura de la textura, esto puede darle a la superficie una apariencia texturizada, como la de metal cepillado o la piel de una naranja. Otros procedimientos para procesar superficies y hacerlas parecer más realistas son el mapeo de paralaje (parallax map) [36], el mapeo de desplazamiento (Dislacement map), el mapeo normal (Normal map) y el mapeo de relieve (Bump map) [35].

10.5.4 PROPIEDADES Y LIMITACIONES DE LA PANTALLA

El modelado implica la conversión de propiedades fotométricas o radiométricas de puntos en un plano de visualización en señales apropiadas para píxeles en una pantalla de computadora o puntos de una impresora a color. En casi todos los casos, la gama de colores y la gama de luminancias del conjunto de puntos en el plano de visión exceden con creces lo que puede producir directamente una pantalla de computadora o en menor medida, una impresora. Las gamas de colores de las pantallas de computadora comunes no incluyen colores muy saturados. Consulte 6.5 Especificación de color digital. Las pantallas de ordenador utilizadas habitualmente tienen relaciones de luminancia máximas de aproximadamente 150:1, mientras que los entornos reales suelen presentar relaciones de hasta 75.000:1. Por lo tanto, se deben comprimir la gama de colores y el rango de luminancia del cálculo original. Este proceso de compresión se llama mapeo de tonos (Tone mapping).

El mapeo de tonos también puede explicar la imposibilidad de producir negros profundos, el efecto del tamaño del objeto en una imagen y el rango local de luminancia en el campo de visión. La tarea fundamental es producir un estímulo en la pantalla de la computadora o en una página impresa que produzca una percepción similar a la que se produce al observar el entorno real. Es decir, producir un metámero perceptivo para el entorno.

Los procedimientos de mapeo de tonos y las imágenes que producen en pantallas de computadora comúnmente disponibles no se han evaluado exhaustivamente en entornos reales, pero los datos existentes indican que las imágenes renderizadas pueden ser metámeros perceptivos útiles [37]. Los procedimientos de mapeo de tonos se han evaluado psicofísicamente comparando las imágenes que producen en pantallas comúnmente disponibles con imágenes mostradas directamente en dispositivos de visualización personalizados con gamas de colores y relaciones de luminancia muy grandes [38] que pueden reproducir con precisión la luminancia y los colores [39]. Algunos de estos procedimientos [40] [41] son particularmente efectivos y necesarios cuando se comprimen imágenes con relaciones de luminancia muy altas, como suele ocurrir cuando se modelizan entornos con luz natural. El mapeo de tonos automático no siempre funciona sin la intervención del usuario o del observador, por lo que algunos sistemas de software permiten modificaciones en los parámetros que gobiernan el mapeo de tonos para ajustar la imagen renderizada. Aunque son útiles y a veces, esenciales, el abuso o el uso incorrecto de estos ajustes pueden producir una imagen realista o agradable, pero que no representa con precisión el entorno luminoso.

10.6 EVALUACIÓN DEL SOFTWARE DE ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN

La mayoría de los cálculos de iluminación necesarios en el curso del diseño de iluminación se realizan con software informático escrito específicamente para este propósito. La fiabilidad del resultado del software de iluminación se puede determinar mediante pruebas suficientemente detalladas. Incluso con pruebas exitosas, es necesaria al menos una idea aproximada de cómo opera el software, incluyendo qué aproximaciones hace y qué suposiciones hace, para conocer la variedad de problemas o situaciones para los cuales puede usarse de manera confiable.

10.6.1 PRECISIÓN Y EVALUACIÓN

Se han desarrollado dos formas de probar el software utilizado para el análisis de iluminación: comparación con resultados analíticos y comparación con mediciones fotométricas.

10.6.1.1 PRUEBAS ANALÍTICAS

La CIE ha establecido condiciones de prueba que involucran fuentes de luz con distribuciones caracterizadas analíticamente, superficies con reflectancias perfectamente difusas y geometría lo suficientemente simple como para permitir la determinación analítica de, digamos, iluminancias en puntos. La especificación de tales condiciones puede ser muy precisa y cantidades como las iluminancias se pueden calcular directamente a partir de una teoría conocida [42]. El software se puede probar modelando estas condiciones analíticas y comparando los resultados. Se han definido situaciones para probar varios aspectos del software. La Figura 10.8 muestra un caso analítico para probar cálculos de iluminancia directa. La luminaria se describe analíticamente y la iluminancia en distintos puntos se puede determinar y comparar con las predicciones del software. La figura 10.9 muestra un caso similar para probar el componente directo de la luz natural. Se han desarrollado casos de prueba analítica más complicados para probar componentes interreflejados y el efecto de las obstrucciones, como se muestra en la Figura 10.10.

Cuadro 10.2 | Ejemplos de renderizado utilizando diferentes procedimientos

Método de Modelado (rendering)	Condición	Modelado
Transferencia Radiativa con Mallado Fotomético Simple	Las superficies fueron malladas fotométricamente; es decir, discretizados en elementos más pequeños donde se anticipaban grandes cambios de luminancia. La solución de transferencia radiativa dio una salida final a cada elemento discretizado. La representación utilizó los centros de estos elementos discretizados para ubicar las salidas calculadas y luego las interpoló suavemente entre ellas. Un método más elaborado consiste en tener en cuenta los límites entre elementos discretos. En cualquier caso, este tipo de discretización sólo puede producir artefactos. Dado que las superficies no están necesariamente discretizadas en puntos o líneas de contacto, el sombreado puede producir las llamadas fugas de luz o fugas de sombra. Por lo tanto, la esquina inferior izquierda del cuadro en primer plano parece flotar.	
Transferencia Radiativa con Mallado Geométrico y Fotométrico	En este caso, las superficies están discretizadas no sólo fotométricamente sino también geométricamente; dividiéndose a lo largo de líneas definidas por cualquier borde de otra superficie que esté en contacto. Esto ayuda a eliminar las fugas de luz y sombra. Casi siempre hay elementos más discretizados.	
Transferencia Radiativa Modelado de Color Sólo luz Directa	Esta modelización se realizó únicamente con iluminación directa y se suprimió el componente interreflejado. En este caso se tiene en cuenta la reflectividad espectral de las superficies. Es decir, no se hace el supuesto gris. Las paredes izquierda y derecha muestran el color (rojo y verde) determinado por su reflectancia espectral y el SPD de la fuente de luz. La ausencia de luz interreflejada significa que las sombras son en su mayoría umbrales y el techo está completamente apagado.	
Ray Tracing Color Modelado Luz Directa e Interreflejada	En este caso se tiene en cuenta el componente iterreflejado. Las paredes de colores profundamente saturados reflejan radiación de composición espectral relativamente estrecha, por lo que la luz interreflejada en el suelo cerca de las paredes izquierda y derecha es ligeramente roja y verde. Este llamado sangrado de color solo se puede modelar si la transferencia radiativa se realiza en múltiples bandas de longitud de onda con la potencia radiativa adecuada de la luminaria asignada a cada banda y las reflectancias de superficie apropiadas utilizadas para cada banda. El resultado es una salida superficial para cada elemento en cada banda de longitud de onda. Alternativamente, se ha demostrado que casi siempre es una aproximación suficientemente precisa utilizar tres análisis de banda ancha: correspondientes al rojo, verde y azul del RGB estándar.	

Cuadro 10.2 | Ejemplos de renderizado utilizando diferentes procedimientos continúa en la página siguiente

Cuadro 10.2 | Ejemplos de modelado utilizando diferentes procedimientos viene de la página anterior

Método de Modelado (Rendering)	Condición	Modelado
Ray Tracing con Superficies Difusas y Perfectamente Especulares	El trazado de rayos (Ray Tracing) permite que las superficies del espacio que se está modelando tengan características de reflectancia distintas a las perfectamente difusas. En este caso, el Ray Tracing explica la perfecta especularidad de las superficies especulares de la caja del fondo. En este análisis, las superficies son perfectamente difusas o perfectamente especulares. Aunque algo más elaborado que un simple análisis difuso, la información necesaria sobre los espejos es relativamente simple: su reflectancia especular. La transferencia fuera del espejo se produce sólo en pares de ángulos que obedecen a la ley de Snell.	
Ray Tracing con Modelado BRDF de Superficies	El Ray Tracing permite tener en cuenta de forma realista superficies con reflexiones direccionales arbitrarias. Casi siempre se caracterizan por datos BRDF. En este caso, la esfera del fondo tiene un acabado satinado, con un componente especular relativamente fuerte. Observe el punto brillante producido en la pared verde derecha por el flujo de la luminaria que se refleja en la esfera. Los análisis espectrales se realizaron con banda ancha y RGB.	
Photon Mapping (Mapeo de Fotones) y Ray Tracing con Transparencia y Refracción	El mapeo de fotones (Photon Mapping), una especie de precomputación independiente de la vista, permite un trazado de rayos más rápido y para un tiempo de cálculo determinado, una representación más precisa. Se pueden modelar efectos de enfoque, como los producidos por la esfera transparente y la luminaria.	
Comparación de Ray Tracing con Fotografía	La imagen de la izquierda es una fotografía en color de una caja que ha sido proporcionada, empapelada y amueblada para ser como una de las pruebas más comunes y simples para modelizaciones por computadora, la llamada "Caja Cornell". A la derecha hay una representación realizada con las reflectancias y los objetos de la caja real. La representación se acerca satisfactoriamente a la fotografía.	

10.6.1.2 PRUEBAS DE MEDICIÓN

La CIE también ha desarrollado un conjunto de mediciones fotométricas de iluminancia en una sala que contiene varios tipos de luminarias y reflectancias superficiales. Se caracterizaron con precisión las propiedades fotométricas de las

luminarias, las superficies, los equipos de medición y el proceso de medición [42]. La figura 10.11 muestra una vista en planta de la habitación.

10.6.1.3 SOFTWARE DE PRUEBA

Los datos CIE y otros conjuntos de mediciones fotométricas se han utilizado para probar software disponible comercialmente, con resultados generalmente buenos [43] [44] [45] [46] [47].

10.7 FACTORES QUE AFECTAN LOS CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

10.7.1 FACTORES DE PÉRDIDA DE LUZ

Los factores de pérdida de luz (LLF) ajustan los cálculos de iluminación desde las condiciones de laboratorio hasta las de campo. Representan diferencias en la potencia lumínica de la lámpara, la potencia de la luminaria y las reflectancias de la superficie entre las dos condiciones. Es probable que los cálculos basados únicamente en datos de laboratorio proporcionen valores poco realistas si no se modifican mediante factores de pérdida de luz. Se supone que los LLF representan efectos independientes y por lo tanto, son multiplicativamente acumulativos: el factor de pérdida de luz total es el producto de todos los factores aplicables. Ningún factor debe ignorarse (establecerse igual a 1) hasta que las investigaciones lo justifiquen. Los LLF se dividen en recuperables y no recuperables. Los factores recuperables son aquellos que pueden cambiarse mediante un mantenimiento regular, como la limpieza y el cambio de lámparas. Los factores no recuperables son aquellos atribuidos a las condiciones del equipo y del sitio y no se pueden cambiar con el mantenimiento normal.

10.7.1.1 FACTORES DE PÉRDIDA DE LUZ NO RECUPERABLES

Los factores no recuperables generalmente no están controlados por los procedimientos de mantenimiento de iluminación. Algunos existirán inicialmente y continuarán durante toda la vida útil de la instalación, ya sea con tan poco efecto que hacen innecesaria la corrección o siendo demasiado costosos de corregir. Algunos, como el factor del balasto, son inherentes al equipo de iluminación.

FACTOR DE TEMPERATURA AMBIENTE DE LA LUMINARIA

El efecto de la temperatura ambiente en el rendimiento de algunas luminarias es considerable. Las variaciones de temperatura, dentro del rango de las que normalmente se encuentran en interiores, tienen poco efecto sobre la salida de luz de las luminarias incandescentes y de lámparas de descarga de alta intensidad, pero afectan apreciablemente la salida de luz de las luminarias fluorescentes y LED. El factor de temperatura ambiente de la luminaria representa la pérdida o ganancia fraccionaria de lumen de una luminaria fluorescente debido a temperaturas internas de la luminaria que difieren de las temperaturas a las que se realizó la fotometría. Este factor debe tener en cuenta cualquier variación en la temperatura alrededor de la luminaria, los medios y condiciones de montaje de la luminaria y el uso de cualquier aislamiento junto con la aplicación de la luminaria.

FIGURA 10.8 | PRUEBAS INFORMÁTICAS CIE PARA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Caso de prueba analítica CIE para cálculos de iluminancia directa. Los puntos A a N están dispuestos en una sala de reflectancia cero debajo de una luminaria en el techo con una distribución de intensidad analítica.

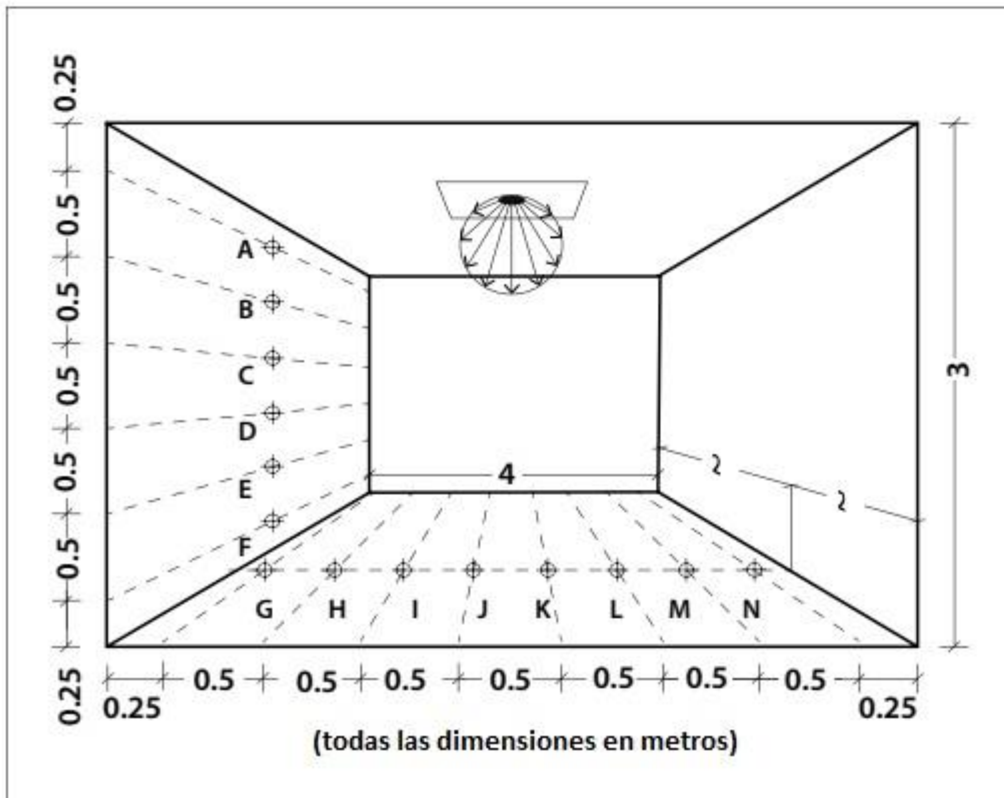


FIGURA 10.9 | PRUEBAS INFORMÁTICAS CIE PARA ILUMINACIÓN NATURAL

Caso de prueba analítica CIE para cálculos de iluminancia directa para iluminación natural. Los puntos A a N están dispuestos en una habitación de reflectancia cero con un tragaluz o una ventana ubicada como se muestra en los rectángulos discontinuos.

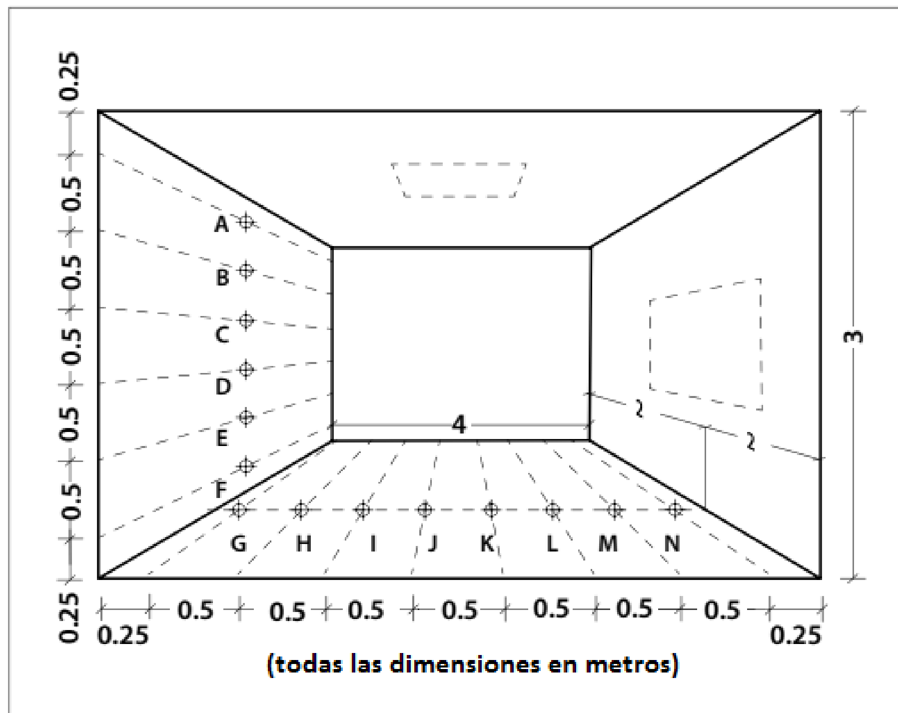


FIGURA 10.10 | PRUEBA INFORMÁTICA CIE PARA OBSTRUCCIONES

Caso de prueba analítica CIE para cálculos de iluminancia directa para probar la iluminancia de fuentes de área difusa y el efecto de la oclusión.

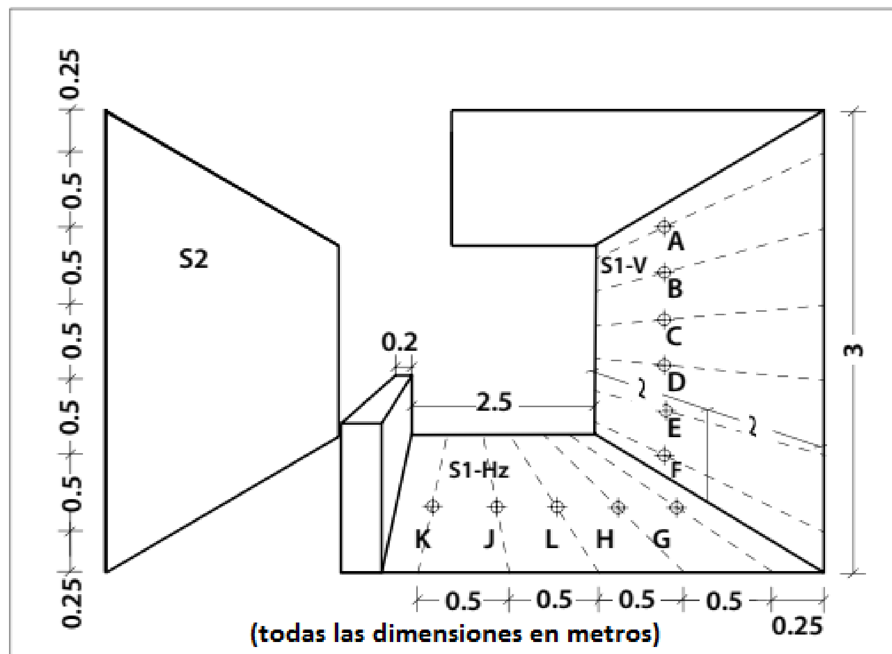
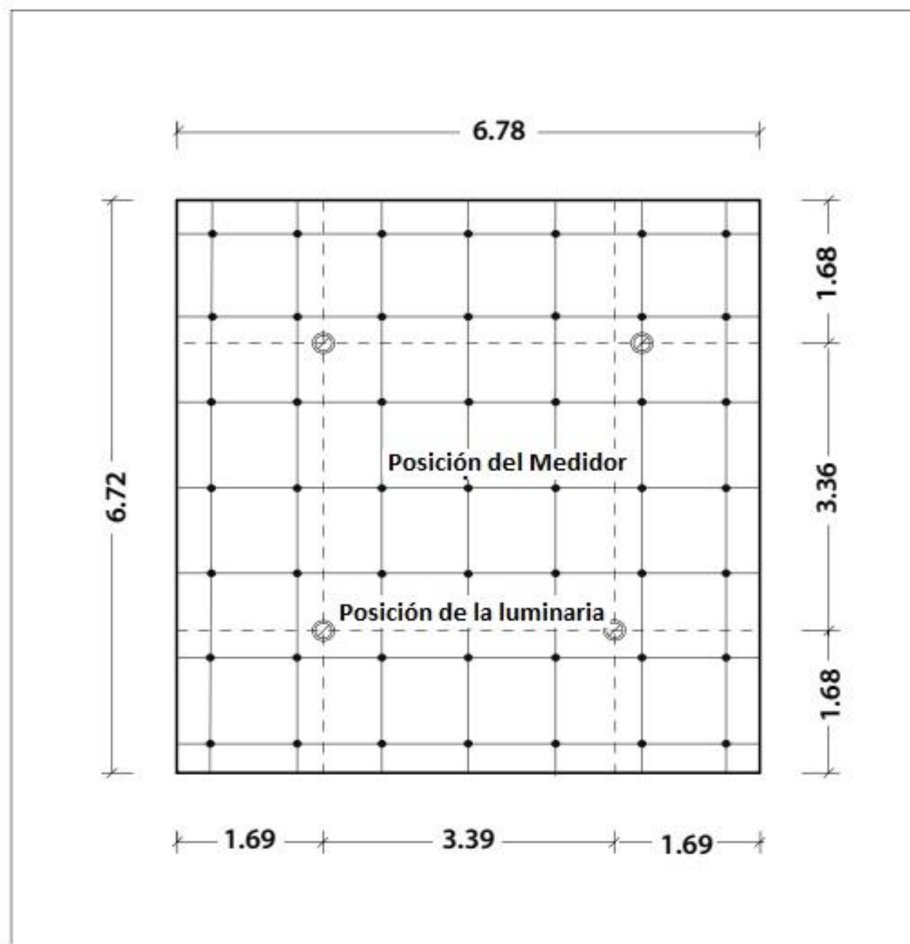


FIGURA 10.11 | ENSAYOS POR ORDENADOR CON MEDIDAS CIE

Sala de ensayos fotométricos CIE, con cuatro luminarias y puntos de medición de iluminancia horizontales indicados. Se utilizaron diferentes distribuciones de luminarias y reflectancias de superficie.



FACTOR TÉRMICO DE EXTRACCIÓN DE CALOR

Las luminarias fluorescentes que manejan aire están integradas con el sistema HVAC como un medio para introducir o extraer aire. Esto afectará la temperatura de la lámpara y en consecuencia, los lúmenes de la misma. El factor térmico de extracción de calor es la pérdida o ganancia fraccionaria de lumen debido al flujo de aire. Generalmente, los fabricantes proporcionan datos de pruebas de luminarias específicas para este factor en diversos flujos de aire. Normalmente, el factor se aproxima a un valor constante para flujos de aire superiores a 10-20 ft^3/ min, a través del compartimento de la lámpara de una luminaria de tratamiento de aire.

FACTOR DE VOLTAJE EN LA LUMINARIA

El voltaje en servicio es difícil de predecir, pero el voltaje alto o bajo en la luminaria afecta la salida luminosa de muchas luminarias. Para las unidades incandescentes, pequeñas desviaciones del voltaje nominal de la lámpara causan aproximadamente un cambio del 3% en la salida de lúmenes por cada 1% de desviación de voltaje. La salida luminosa de las luminarias fluorescentes que utilizan balastos magnéticos convencionales cambia aproximadamente un 1% por cada cambio de 2,5% en el voltaje primario. Los balastros electrónicos para lámparas fluorescentes y HID y los controladores

para LED, suelen ser capaces de compensar cambios considerables en el voltaje de entrada, por lo que la salida de la lámpara no se ve afectada.

FACTOR DE BALASTO

La salida de lúmenes de las lámparas fluorescentes depende del balasto utilizado para accionar las lámparas. La salida de lúmenes de las lámparas con balastos comerciales generalmente difiere de la de las lámparas con balasto de referencia estándar utilizado para determinar los lúmenes nominales. Por esta razón, se requiere un factor de balasto multiplicativo para corregir los lúmenes nominales de la lámpara según el rendimiento real de la luminaria. El factor de balasto es el flujo fraccionario de una lámpara o lámparas fluorescentes operadas con el balasto real dividido por el flujo cuando se opera con el balasto estándar (de referencia) especificado para la clasificación de lúmenes de la lámpara. Los factores de lastre se determinan de acuerdo con los métodos del American National Standards Institute (ANSI) [48]. Se debe consultar a los fabricantes sobre los factores necesarios. Se encuentran disponibles datos sobre factores de balasto para balastos electrónicos [49] [50]. El factor de balasto depende tanto de la lámpara como del balasto, de modo que un factor de balasto desarrollado para una lámpara estándar no se aplica cuando, por ejemplo, se utiliza una lámpara de bajo consumo, aunque el balasto sea el mismo. El método de prueba ANSI para el factor de lastre especifica que la prueba se realice en un balasto frío (para mayor comodidad en la prueba).

Durante el funcionamiento de los balastos de las luminarias se produce un aumento significativo de la temperatura. Esto provoca una pérdida adicional de luz, generalmente del orden del 1,5%, pero se han informado valores tan altos como del 2,5 al 3,5%.

FACTOR FOTOMÉTRICO BALASTO- LÁMPARA

La fotometría de luminarias fluorescentes se realiza a una temperatura ambiente estándar de 25 °C (77 °F). La temperatura de la lámpara diferirá de este valor cuando se determinen los lúmenes nominales de la lámpara. El consiguiente cambio de lúmenes de la lámpara con respecto a los lúmenes nominales se incorpora en los datos fotométricos. La temperatura de la lámpara dentro de la luminaria depende de la combinación particular de balasto y lámparas. Por este motivo, los datos fotométricos se aplican únicamente a los tipos específicos de lámparas y balastos utilizados en las pruebas. Esto también se aplica a los datos derivados, como los coeficientes de utilización. Las variaciones de lúmenes de las lámparas provocan un cambio en la magnitud, pero no en la distribución espacial, de la intensidad de las luminarias fluorescentes. En consecuencia, todos los datos fotométricos pueden corregirse mediante un factor multiplicativo para tipos de balastos y lámparas que difieran de los utilizados en las pruebas fotométricas. Este factor es el factor fotométrico balasto-lámpara y se mide para una combinación específica de balasto-lámpara en relación con las utilizadas en la fotometría de la luminaria. Los valores están disponibles como parte del informe fotométrico de la luminaria o del fabricante de la lámpara. Tenga en cuenta que este factor incluye el ajuste para cambios de lámpara y balasto a la temperatura de prueba fotométrica de 25 °C (77 °F). El factor de temperatura ambiente de la luminaria es una corrección separada para las diferencias entre el laboratorio y la temperatura esperada de instalación de la luminaria.

FACTOR DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

La salida de lúmenes de las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) depende del balasto, la posición de funcionamiento de la lámpara y el efecto de la potencia reflejada desde la luminaria hacia la lámpara. Estos efectos se incorporan colectivamente en el factor de funcionamiento del equipo (EOF), que se define como la relación entre el flujo de una combinación de lámpara, balasto y luminaria HID, en una posición de funcionamiento determinada y el flujo de la

combinación de lámpara y luminaria que funciona en la posición para clasificar los lúmenes de la lámpara y utilizar el balasto estándar (de referencia) especificado para clasificar los lúmenes de la lámpara. Los factores operativos del equipo se determinan de acuerdo con los métodos aprobados por IES [51]. Posición de la lámpara o factor de inclinación (parte de EOF) Para las lámparas HID, el factor de posición de la lámpara (a veces conocido como factor de inclinación) es la relación entre el flujo de una lámpara de halogenuros metálicos en una posición de funcionamiento determinada y el flujo cuando la lámpara está en funcionamiento en la posición en la que están clasificados los lúmenes de la lámpara. Este factor se determina con una potencia constante de la lámpara y constituye parte del factor de funcionamiento del equipo. El factor de posición de la lámpara es razonablemente consistente para los tipos de lámparas de mercurio y HPS. Se debe consultar a los fabricantes sobre tipos de lámparas específicos. Los factores de inclinación pueden ser importantes en aplicaciones de iluminación deportiva donde las luminarias están orientadas en direcciones que colocan la lámpara en una posición distinta a su posición para los lúmenes nominales.

10.7.1.2 FACTORES DE PÉRDIDA DE LUZ RECUPERABLES

Siempre es necesario considerar los factores recuperables al determinar el factor de pérdida de luz total. La magnitud de cada uno dependerá de los procedimientos de mantenimiento a utilizar además del entorno físico y de las lámparas y luminarias a instalar.

FACTOR DE DEPRECIACIÓN DE LÚMENES DE LA LÁMPARA

La producción de lúmenes de las lámparas cambia de forma gradual y continua a lo largo de su vida útil, incluso en condiciones de funcionamiento constantes. En casi todos los casos, los lúmenes disminuirán. El factor de depreciación de lúmenes de la lámpara (LLD) es la fracción de los lúmenes iniciales producidos en un momento específico durante la vida útil de la lámpara. Los fabricantes pueden proporcionar información sobre el LLD en función de las horas de funcionamiento de la lámpara. La vida promedio nominal debería determinarse para el número esperado de horas por partida; se debe saber cuándo comenzarán las quemaduras en el ciclo de vida de la lámpara. A partir de estos hechos, se puede establecer un ciclo práctico de cambio de lámparas en grupo y luego, basándose en las horas transcurridas hasta la retirada de las lámparas, se puede determinar el factor LLD. El 70% de la vida nominal promedio es el criterio sugerido para el reemplazo de lámparas en programas de cambio de lámparas en grupo. Cabe señalar que algunos sistemas de balasto electrónico compensan en diversos grados el cambio en la salida de lúmenes de la lámpara a lo largo de su vida útil, ya sea mediante una corrección promedio o mediante un control de retroalimentación. Consulte 7.3.6.2 Mantenimiento de lúmenes y 7.4.5 Vida útil de la lámpara y mantenimiento de lúmenes para obtener información sobre la depreciación de lúmenes de las lámparas fluorescentes y HID.

FACTOR DE DEPRECIACIÓN DE LA SUCIEDAD DE LAS LUMINARIAS (ESPACIOS NO INDUSTRIALES)

La acumulación de suciedad en luminarias y lámparas provoca una pérdida de rendimiento luminoso. Esta pérdida se conoce como factor de depreciación por suciedad de la luminaria (LDD) y se determina para espacios no industriales mediante los siguientes pasos [52].

1. Caracterice el entorno operativo según el grado de suciedad que se considere presente:

   • Limpio: áreas institucionales, comerciales, de oficinas y entornos similares que utilizan circulación de aire filtrado generalmente asociado con sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación.

• Moderado: Espacios que no se espera que alcancen el nivel de Limpio, como la industria ligera o la manufactura, áreas con una cantidad significativa de aire introducido a través de ventanas o áreas sin filtrado de aire.

• Sucio: Espacios donde las actividades normales introducen una cantidad significativa de suciedad en el aire.

2. Coloque la luminaria en grupos, según sus características estructurales.

• Abierta/sin ventilación: abierta en la parte inferior o con rejillas o deflectores, con un cerramiento superior que no tenga aberturas de ventilación para proporcionar un camino libre y estable para el movimiento del aire en la luminaria.

• Otros: todas las demás estructuras de luminarias, incluidas las lámparas cerradas, desnudas, luminarias en tiras y luminarias con una abertura importante en la parte superior.

CUADRO 10.3 | CLASIFICACIONES DE LUMINARIAS CIE BASADAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJO

Clasificación	Luz Porcentaje Arriba	Luz Porcentaje Abajo
Directa	0-10	90-100
Semi Directa	10-40	60-90
General Difusa	40-60	40-60
Semi Indirecta	60-90	10-40
Indirecta	90-100	0-10

CUADRO 10.4 | COMBINACIONES DE CLASIFICACIONES Y ENTORNOS CIE

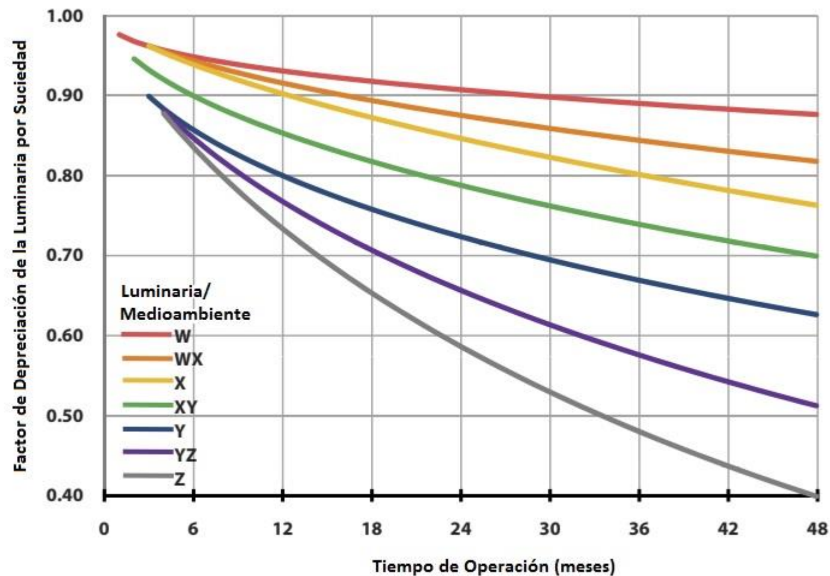
Medioambiente	Ventilación Luminaria	Clasificación CIE				
		Directa	Semi Directa	General Difusa	Semi indirecta	Indirecta
Limpio	Abierta/no ventilada	W	W	W	X	X
	Todas las demás	W	W	W	X	X
Moderado	Abierta/no ventilada	XY	XY	XY	Y	Y
	Todas las demás	X	X	X	Y	Y
Sucio	Abierta/no ventilada	Z	Z	Z	Z	Z
	Todas las demás	Y	Y	Y	Y	Y

Cuadro 10.5 / Constantes para la Ecuación LDD

Constante	Clasificación por Letras						
	W	WX	X	XY	Y	YZ	Z
A	0.024	0.020	0.018	0.037	0.059	0.050	0.044
B	0.440	0.596	0.700	0.586	0.535	0.670	0.785

Figura 10.12 | Factores de depreciación de la suciedad de las luminarias

Los factores de depreciación de la suciedad de las luminarias son una función de las combinaciones de luminaria/ambiente y del tiempo de funcionamiento, junto con las constantes de la ecuación gobernante.



3. Determinar la clasificación CIE de las luminarias. Los informes fotométricos de laboratorio normalmente identifican esta clasificación para luminarias de interior. De lo contrario, se puede encontrar a partir del porcentaje de potencia de las luminarias dirigidas hacia arriba y hacia abajo. La tabla 10.3 muestra las clasificaciones.

4. Determine una asignación de letras (W, X, XY, Y o Z) según la combinación apropiada de clasificación de luminarias y entorno. Ver Tabla 10.4.

5. Determine el LDD usando la curva de la Figura 10.12, que corresponde a la asignación de letras realizada en el paso 4. Los valores trazados en la figura también se pueden calcular a partir de:

$$\mathrm{LDD} = e^{-A\, t^{B}} \qquad (10.23)$$

Donde:

A y B se enumeran en la Tabla 10.5 para diferentes combinaciones de luminaria/ambiente en meses de funcionamiento.

Cuadro 10.6 / Categoría de Mantenimiento para Luminaria Industrial

Categoría de Mantenimiento	Gabinete Superior	Gabinete Inferior
I	Sin gabinete	Sin gabinete
II	Sin gabinete o gabinete con aberturas que permiten al menos 15% hacia arriba	Sin gabinete, tal vez persianas o deflectores
III	Gabinete con aberturas permitiendo al menos 15% hacia arriba	Sin gabinete, tal vez persianas o deflectores
IV	Gabinete sin aberturas	Sin gabinete, tal vez persianas
V	Gabinete sin aberturas	Gabinete sin aberturas
VI	Sin gabinete o gabinete sin aberturas	Gabinete sin aberturas

Cuadro 10.7 / Mantenimiento para Medioambientes de Luminarias Industriales

Medioambiente	Tipos de Suciedad y Procesos				
	Suciedad Generada	Ambiente Sucio	Remoción o Filtración	Adhesión	Ejemplos
Medio	Observable pero no demasiada	Algo entra al área	Menor que el promedio	Suficiente para ser visible	Oficinas de fábrica, procesamiento de papel.
Sucio	Acumulación rápida	Ingresan grandes cantidades al área	Sólo ventiladores o sopladores, si hay	Alto: debido a aceite,humedad o estática	Tratamientos con calor, impresión de alta velocidad
Muy sucio	Acumulación constante	Casi ninguno excluido	Ninguno	Alta	Luminaria cerca del área de contaminación

Cuadro 10.8 | Constantes para la ecuación LDD de luminarias industriales

Constant	Medioambiente	Categoría del Mantenimiento para Luminaria					
		I	II	III	IV	V	VI
A	Medio	0.111	0.102	0.143	0.216	0.190	0.218
	Sucio	0.162	0.147	0.184	0.314	0.249	0.284
	Muy sucio	0.301	0.188	0.236	0.452	0.321	0.396
B		0.690	0.620	0.700	0.720	0.530	0.880

FACTOR DE DEPRECIACIÓN DE SUCIEDAD DE LUMINARIAS (ESPACIOS INDUSTRIALES) El factor LDD para espacios industriales se determina mediante los siguientes pasos.

1. La categoría de mantenimiento de luminarias se selecciona de la Tabla 10.6.

2. La atmósfera (uno de los tres grados de condiciones de suciedad) en la que funcionará la luminaria se encuentra en la Tabla 10.7.

3. Usando la condición de suciedad aplicable y la categoría de mantenimiento de luminarias, se encuentran las constantes apropiadas para la ecuación que da el LDD:

$$LDD = e^{-A\,t^{B}} \qquad (10.24)$$

Donde:

A y B se dan en la Tabla 10.8 para diferentes combinaciones de luminaria/ambiente t es el tiempo transcurrido en años del ciclo de limpieza planificado.

Factor de quemado de la lámpara

El quemado de la lámpara contribuye a la pérdida de luz. Si las lámparas no se reemplazan rápidamente después de quemarse, la iluminancia promedio disminuirá proporcionalmente. En algunos casos, es posible que se pierda algo más que la lámpara defectuosa. Por ejemplo, cuando se utilizan balastos fluorescentes de secuencia en serie y falla una lámpara, ambas lámparas se apagan. El factor de quemado de lámparas (LBO) es la relación entre el número de lámparas que permanecen encendidas y el total, para el número máximo de quemados permitido. Se deben consultar las estadísticas de mortalidad de los fabricantes sobre el rendimiento de cada tipo de lámpara para determinar el número que se espera que se queme antes de que se alcance el momento de reemplazo del grupo planificado. En la práctica, el número de lámparas fundidas será un reflejo de la calidad del programa de servicios de mantenimiento de iluminación.

Un gran grupo de lámparas del mismo tipo fallarán de manera predecible. Para todas las lámparas, excepto las LED, la vida útil nominal se define como el momento en el que se puede esperar que la mitad del grupo grande haya fallado. Los datos publicados sobre la vida útil de las lámparas fluorescentes se basan en tres horas de funcionamiento por inicio [53]. Los datos de vida útil de las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) se basan en 11 horas por encendido [54]. La desviación de estas horas de funcionamiento entre encendidos de las lámparas afecta significativamente la vida promedio. La vida útil de las lámparas fluorescentes en balastos magnéticos convencionales generalmente aumenta en relación con la vida útil nominal a tres horas por arranque, a medida que aumenta el número de horas de funcionamiento por arranque. La mejora es de aproximadamente el 30 por ciento durante 10 horas por arranque, aproximadamente el 50 por ciento durante 12 horas por arranque y aproximadamente el 60 por ciento cuando las lámparas funcionan continuamente. Estos porcentajes de mejora no se aplican necesariamente cuando se utilizan tecnologías de balasto electrónico. En muchos casos, el cambio en la vida útil con horas por arranque depende de los tipos específicos de balasto y lámpara. La vida útil de la lámpara fluorescente puede ser relativamente independiente de las horas de funcionamiento por inicio en la operación de inicio del programa.

10.8 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS CALCULADOS

Cuando se utilizan cálculos de iluminación para evaluar el rendimiento del sistema de iluminación, es importante utilizar un método apropiado. El software es capaz de producir una gran cantidad de datos y las medidas construidas a partir de estos datos deben elegirse y utilizarse con cuidado si se quiere que respalden los juicios sobre el rendimiento del sistema de iluminación.

10.8.1 PROMEDIOS

El promedio generalmente se refiere a la media de varios valores calculados o medidos. Cuanto mayor sea el número de valores, más precisa será la media en un área determinada. Generalmente se utilizan cuadrículas de puntos de cálculo, a menudo formadas por una matriz rectangular de filas y columnas. El espaciado de puntos está determinado por los requisitos de precisión del promedio.

Un promedio puede ser exacto pero nunca sería indicativo de la variación de los valores. Por esta razón, la iluminancia promedio (o un promedio de cualquier otra cantidad) debe usarse sólo cuando se espera que la distribución sea relativamente uniforme en un área. Cuando se desea un sistema de iluminación localizado, como iluminación de trabajo o iluminación no uniforme, la iluminancia promedio revela poco sobre el éxito del diseño a menos que el análisis se limite al área local. De manera similar, una luminancia de techo promedio producida por un sistema de iluminación indirecta no es una buena medida del desempeño.

En general, un valor promedio por sí solo no es suficiente para describir o evaluar completamente el desempeño del sistema de iluminación. También es importante la información sobre la uniformidad y el rango de valores.

10.8.2 MÍNIMOS Y MÁXIMOS

Si se utiliza una gran cantidad de puntos de análisis para el cálculo, entonces se puede evaluar la variabilidad de la iluminación y se pueden determinar y localizar los valores mínimo y máximo. Los mínimos y máximos pueden ser indicadores importantes de la calidad del diseño, particularmente si se desvían significativamente del promedio deseado. En algunas situaciones de diseño, los valores de diseño máximos y/o mínimos pueden ser criterios requeridos. La uniformidad a menudo se expresa en términos de una relación de dos cantidades. Algunos ejemplos son de máximo a mínimo, de máximo a promedio y de promedio a mínimo. Diferentes situaciones de diseño justifican un uso diferente de estas métricas.

10.8.3 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

El coeficiente de variación (CV) es la relación sin unidades entre la desviación estándar y la media.

$$CV = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Mean}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \qquad (10.25)$$

Donde:

$\bar{x}$ = **media de los valores de datos**
N = **número de valores de datos**

Aproximadamente, CV es la diferencia promedio con respecto al promedio, dividida o escalada por el promedio. Expresa qué tan lejos están la mayoría de los valores del promedio. El CV a menudo se presenta como la proporción dada multiplicada por 100. El CV describe la dispersión de los datos: cuanto mayor es el CV, mayor es la dispersión y más diferentes (mayores o menores) son los valores de la media.

10.8.4 CLASIFICACIONES DE CRITERIOS

Los valores máximo y mínimo proporcionan poca información sobre la distribución general de una cantidad fotométrica o derivada particular en un espacio. La calificación de criterio es una forma conveniente de obtener mayor detalle sobre la distribución de una cantidad en un espacio. La calificación del criterio es la probabilidad de que un criterio específico se cumpla o supere en cualquier lugar dentro de un área definida. Se puede utilizar además de (o en lugar de) conceptos como promedios o niveles mínimo y máximo. Los criterios de iluminación a los que se puede aplicar esta técnica incluyen luminancia, iluminancia, contraste, métricas de visibilidad y métricas de rendimiento visual.

La calificación de criterio asume el nombre del criterio que se califica. Por ejemplo, el criterio de iluminancia se denomina índice de iluminancia. Supongamos, por ejemplo, que se ha establecido una iluminancia de 300 lx como criterio de diseño para un espacio. El índice de iluminancia define la probabilidad de que en cualquier punto del plano de trabajo la iluminancia sea igual o superior a 300 lx. La calificación de este criterio se determina evaluando la cantidad adecuada en una cuadrícula de puntos que cubren el área en cuestión. La distancia entre los puntos de evaluación no debe exceder un quinto de la distancia desde cualquier luminaria al plano de evaluación. El porcentaje de puntos que cumplen con el criterio es la calificación del criterio:

$$\textbf{Rango del Criterio} = \frac{\textbf{número de puntos que satisfacen el criterio}}{\textbf{número de puntos computados o medidos}} 100 \qquad (10.26)$$

Las calificaciones de los criterios se pueden expresar usando una notación que enumera la calificación, en porcentaje, seguida del criterio, separado por el símbolo @, que significa "en". Por ejemplo, un sistema de iluminación que produce una luminancia de 20 cd/m^2 en el 60% del área especificada puede tener su clasificación de luminancia expresada como 60%@20 cd/m^2.

10.9 PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO ESTANDARIZADOS

Algunas cantidades se calculan con suficiente frecuencia como para justificar un procedimiento de cálculo estandarizado que ayude a proporcionar procesos uniformes, bases consistentes para comparaciones y datos confiables y uniformes. Se han desarrollado procedimientos estandarizados para calcular la iluminancia promedio y el potencial de deslumbramiento molesto.

10.9.1 CÁLCULO DE LA ILUMINANCIA PROMEDIO

El método del lumen se utiliza para calcular la iluminancia promedio, $\bar{E}$, en un plano de trabajo en un interior, que se define como

$$\bar{E} = \frac{\textbf{flujo total en el plano de trabajo}}{\textbf{área del plano de trabajo}} \qquad (10.27)$$

Un coeficiente de utilización proporciona la fracción de lúmenes de la lámpara que llegan al plano de trabajo, directamente desde fuentes y desde interreflexiones. El coeficiente de utilización (CU) tiene en cuenta la eficiencia de la luminaria y el impacto de la distribución de la luminaria y las superficies de la habitación en su derivación. El algoritmo para calcular una CU se proporciona en el Formulario. Así, el número de lúmenes producidos por las lámparas, multiplicado por esta CU, determina el número que llega al plano de trabajo. De este modo:

$$\bar{E}_{\text{mantenida}} = \frac{\text{(lúmenes totales de las lámparas) X CU X LLF}}{\text{área del plano de trabajo}} \qquad (10.28)$$

Dado que el objetivo del diseño suele ser mantener la iluminancia, se debe aplicar un factor de pérdida de luz para tener en cuenta la depreciación estimada en lúmenes de la lámpara a lo largo del tiempo, las pérdidas estimadas por acumulación de suciedad en las superficies de las luminarias (incluidas las lámparas) y otros factores que afectan la producción de lúmenes de la luminaria con el tiempo. La fórmula se convierte así en

$$\bar{E}_{\text{inicial}} = \frac{\text{(lúmenes totales de las lámparas) X CU}}{\text{área del plano de trabajo}} \qquad (10.29)$$

Donde:

CU = coeficiente de utilización
LLF = factor de pérdida de luz

Aunque los cálculos de diseño se basan en el LLF utilizando factores recuperables y no recuperables, a veces es necesario calcular la iluminancia en una nueva instalación de iluminación. En tales casos, realice el cálculo utilizando las pérdidas no recuperables, ya que las pérdidas recuperables no habrán ocurrido a las 100 horas, el momento en que las lámparas alcanzan nominalmente los lúmenes nominales. Lo más conveniente es tomar los lúmenes de lámpara en la fórmula como el total de lúmenes de lámpara nominales en las luminarias:

$$\bar{E}_{\text{mantenida}} = \frac{\text{(número de luminarias)(lámparas/luminaria) X (lúmenes totales de las lámparas) X CU X LLF}}{\text{área del plano de trabajo}} \qquad (10.30)$$

Si se conoce la iluminancia mantenida deseada, esta ecuación se puede resolver para el número total de luminarias necesarias:

$$\text{número de luminarias} = \frac{\bar{E}_{\text{mantenida}} \times \text{área del plano de trabajo}}{\text{(lámparas/luminaria) X (lúmenes totales de las lámparas) X CU X LLF}} \qquad (10.31)$$

10.9.1.1 LIMITACIONES

La iluminancia calculada por el método del lumen es un valor promedio que será representativo sólo si las luminarias están espaciadas para obtener una iluminancia razonablemente uniforme. El cálculo de los coeficientes de utilización se basa en interiores vacíos que tienen superficies que presentan una reflectancia perfectamente difusa. La iluminancia promedio determinada por el método del lumen se define como el total de lúmenes que llegan al plano de trabajo, dividido por el área del plano de trabajo. El valor promedio determinado de esta manera puede variar considerablemente del obtenido promediando valores discretos de iluminancia en varios puntos, especialmente si el número de puntos es pequeño o los puntos no se extienden sobre todo el plano de trabajo.

En el método de cavidades zonales, los efectos de las proporciones de la habitación, la longitud de suspensión de la luminaria y la altura del plano de trabajo sobre el coeficiente de utilización se representan respectivamente mediante la relación de cavidades de la habitación, la relación de cavidades del techo y la relación de cavidades del suelo. Estas proporciones se determinan dividiendo la habitación en tres cavidades, como se muestra en la Figura 10.13, y sustituyendo las dimensiones (en pies o metros) en la siguiente fórmula:

$$CR = \frac{\text{5 h (largo de la cavidad + ancho de la cavidad)}}{\text{largo de la cavidad x ancho de la cavidad}} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{2,5 (de la longitud del perímetro)}}{\text{área}} \qquad (10.32)$$

Donde:

$h = h_{RC}$ para la relación de cavidades de la habitación (RCR)
$h = h_{CC}$ para la relación de cavidades del cielorraso (CCR)
$h = h_{FC}$ para la relación de cavidades del piso (FCR)

10.9.1.2 REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LA CAVIDAD

Una cavidad rectangular consta de cuatro paredes, cada una con una reflectancia de ρ_W, y una base de reflectancia ρ_B (reflectancia del techo (cielorraso) o del piso). La reflectancia efectiva, ρ_{ef}, de esta cavidad es la relación entre el flujo reflejado y el flujo que ingresa a la cavidad a través de su abertura. Si se supone que las reflectancias son perfectamente difusas y se supone que el flujo ingresa a la cavidad de una manera perfectamente difusa, es posible calcular la reflectancia efectiva de la cavidad utilizando la teoría de transferencia de flujo.

$$\rho_{ef} = \frac{\rho_B \rho_W f \left(2\frac{A_B}{A_W}(1-f) - f\right) + \rho_B f^2 + \rho_W \frac{A_B}{A_W}(1-f)^2}{1 - \rho_B \rho_W \frac{A_B}{A_W}(1-f)^2 - \rho_W \left(1 - 2\frac{A_B}{A_W}(1-f)\right)} \qquad (10.33)$$

Donde:

A_B, A_W = áreas de la base y las paredes de la cavidad, respectivamente,
ρ_B, ρ_W = reflectancias de la base y las paredes de la cavidad, respectivamente,
f = factor entre la abertura de la cavidad y la base de la cavidad

El factor de forma necesario en la ecuación 10.33 se puede aproximar mediante

$$f \approx 0.026 + 0.502\, e^{-0.6750\frac{A_W}{A_B}} + 0.470\, e^{-0.2975\frac{A_W}{A_B}} \qquad (10.34)$$

La ecuación 10.34 proporciona un medio para convertir la combinación de reflectancias de pared y techo o de pared y piso en una única reflectancia efectiva de la cavidad del techo, ρ_{CC} y una única reflectancia efectiva de la cavidad del piso, ρ_{FC}. En los cálculos del método del lumen, las reflectancias del techo, la pared y el piso deben ser valores iniciales. Tenga en cuenta que para luminarias empotradas y montadas en superficie, el CCR es igual a 0 y la reflectancia real del techo se puede utilizar para ρ_{CC}.

Si la reflectancia sobre una de las superficies de la habitación varía considerablemente, se debe utilizar una reflectancia promedio ponderada por área. Por ejemplo: cuando la pared de un aula de alta reflectancia está parcialmente cubierta por una pizarra de baja reflectancia.

10.9.2 CÁLCULO DEL DESLUMBRAMIENTO

La CIE ha desarrollado un sistema de clasificación de deslumbramiento unificado (UGR) destinado a la predicción del deslumbramiento incómodo que ha sido adoptado por muchas naciones. Esta fórmula se limita a aquellas situaciones en las que el ángulo sólido de la fuente, ω, es 0,0003 ≤ ω≤ 0,1 estereorradián. Por ejemplo, una luminaria troffer de 0,6 m x 1,2 m (2 pies x 4 pies) en un techo de 3 m (10 pies) de altura vista desde una distancia de 9 m (30 pies) subtiende un ángulo sólido de 0,003 estereorradián. Se han sugerido extensiones a este rango de aplicabilidad, pero aún no está claro qué tan precisas son [55]. Los valores de UGR varían de 5 a 30 y los números más altos indican una mayor molestia por el deslumbramiento.

El índice de deslumbramiento UGR es calculado de la siguiente ecuación:

$$UGR = 8 \log_{10}\left(\frac{0.25}{L_b}\right)\sum_i \frac{L_i^2\, \omega_i}{P_i^2} \qquad (10.35)$$

Donde:

L_b = luminancia del campo visual en cd/m^2, las cuales no incluyen la luminancia de la luminaria

L = luminancia de la luminaria en la dirección del observador
ω = ángulo sólido de la luminaria subtendido al observador
P = índice de posición de la luminaria

El índice de posición de una fuente, P, es una medida inversa de la sensibilidad relativa a una fuente de deslumbramiento en diferentes posiciones a lo largo del campo de visión. En las primeras referencias se publicaron valores seleccionados o familias de curvas. P viene dada por la fórmula [56].

$$P = 10.36 \exp\left(\begin{matrix} (35.2 - 0.31899\,\alpha - 1.22\,e^{-2\,\alpha/9})10^{-3}\,\beta + \\ (21 + 0.26667\,\alpha^2)10^{-5}\,\beta^2 \end{matrix} \right) \qquad (10.36)$$

Donde:

α = ángulo de elevación desde la línea de visión, en el plano vertical, arriba de la fuente luminosa
β = ángulo azimutal desde la línea de visión, en el plano horizontal, sobre la fuente luminosa

En la mayoría de las aplicaciones, el cálculo y uso de UGR ha reemplazado al VCP.

10.10 REFERENCIAS

[1] DiLaura DL. 2006. A history of light and lighting. New York. Illuminating Engineering Society. 402 p.

[2] [IES] Illuminating Engineering Society. 2005. Software survey. Light Des Appl. 35(9):69-77

[3] Ward GJ. 1994. The RADIANCE lighting simulation and rendering system. In: Proceeding of the 21st annual conference on computer graphics and interactive techniques. New York. ACM SIGGRAPH. 512 p.

[4] Sillion FX, Puech C. 1994. Radiosity and global illumination. San Francisco. Morgan Kaufmann. 251 p.

[5] Ashdown I. 1994. Radiosity: A programmer's perspective. New York. Wiley. 496 p.

[6] Lighting Technologies. 1987. Lumen Micro—User's guide. Boulder: Lighting Technologies. 71 p.

[7] DiLaura DL, Quinlan J. 1995. Non-Diffuse radiative transfer 1: Area sources and point receivers. J Illum Eng Soc. 24(2):102-113.

[8] Murdoch JB. 2003. Illuminating Engineering. 2nd edition. New York. Visual Communications. 750 p.

[9] .Hamilton DC, Morgan WR. 1952. Radiant-Interchange configuration factors. Technical Note 2836. Washington: National Advisory Committee for Aeronautics.

[10] Siegel R, Howel JR. 2002. Thermal radiation heat transfer. 4th edition. New York. Taylor & Francis.

[11] Gershun A. 1939. The light field. Moon P, Timoshenko GJ, trans. J Math Phys. 18(2):51-151.

[12] Yamauti Z. 1924. Geometrical calculation of illumination due to light from luminous sources of simple forms. Researches of the Electrotechnical Laboratory, 148. Tokyo: Electrotechnical Laboratory.

[13] Fock V. 1924. Zur Berechnung der Beleuchtungsstärke. Z Phys. 28:102-113.

[14] [IES] Illuminating Engineering Society. 2004. LM-46-04. IESNA Approved method for photometric testing of indoor luminaires using high intensity discharge or incandescent filament lamps. New York: IES. 15 p.

[15] Mistrick RG, English CR. 1990. A study of near-field indirect lighting calculations. J Illum Eng Soc. 19(2):103-112.

[16] Levin RE. 1971. Photometric characteristics of light controlling apparatus. Illum. Eng. 66(4):205-215

[17] Lautzenheiser T, Weller G, Stannard S. 1984. Photometry for near field applications. J Illum Eng Soc. 13(2):262-269.

[18] Stannard S, Brass J. 1990. Application distance photometry. J Illum Eng Soc. 18(1):39-46.

[19] Ngai PY, Zhang JX, Zhang FG. 1992. Near-field photometry: Measurement and application for fluorescent luminaires. J Illum Eng Soc. 21(2):68-83.

[20] Ashdown I. 1993. Near-Field Photometry: A new approach. J Illum Eng Soc. 22(1):163-180.

[21] Ashdown I. 1998. Making near-field photometry practical. J Illum Eng Soc. 27(1):67-79.

[22] Murray-Coleman JF, Smith AM. 1990. The automated measurement of BRDFs and their application to luminaire modeling. J Illum Eng Soc. 19(1):87-99.

[23] Ward GJ. 1992. Measuring and modeling anisotropic reflection. Comp Graphics. 26(2):265-272.

[24] [IES] Illuminating Engineering Society. 2000. RP-8-00. Roadway lighting. New York: IES. 66 p.

[25] DeBoer J. 2006. Modeling indoor illumination by complex fenestration systems based on bidirectional photometric data. Energy Build. 38(7):849-868.

[26] Maamari F, Andersen M, de Boer J, Carroll W, Dumortier D, Greenup P. 2006. Experimental validation of simulation methods for bi-directional transmission properties at the daylighting performance level. Energy and Buildings. 38(7):218.

[27] [IES] Illuminating Engineering Society. 2002. LM-63-02. IESNA standard file format for the electronic transfer of hotometric data and related information. New York: IES. 16 p.

[28] Cohen MF, Wallace JR. 1993. Radiosity and realistic image synthesis. Boston, MA: Academic Press Professional.

[29] Dutré P. 2006. Advanced global illumination. Natick, MA: A K Peters. 366 p.

[30] Jongewaard M, Wilcox K. 2009. LED source models. LED Journal. Jan/Feb 2009 [Internet]. Available from: http://www.ledjournal.com/.

[31] Freniere ER, Gregory GG, Hassler RA. 1999. Polarization models for Monte Carlo ray tracing. In: Proceedings of the SPIE. 3780(22):148150.

[32] Jensen HW. 2001. Realistic image synthesis using photon mapping. Natick, MA: A K Peters. 181 p.

[33] Ashdown I. 1994. Radiosity: A programmer's perspective. New York: Wiley. 496 p.

[34] Pharr M, Humphreys G. 2004. Physically Based Rendering. Morgan Kaufmann. 1021 p.

[35] Birn J. 2000. Digital lighting & rendering. New Riders. 287 p.

[36] Kaneko T. 2001. Detailed shape representation with parallax mapping. In: Proceedings of ICAT 2001. pp 205-208.

[37] Ruppertsberg AI, Bloj M. 2006. Rendering complete scenes for psychophysics using RADIANCE: How accurate can you get? J Opt Soc Am A. 23(4):759-768.

[38] Seetzen H, Whitehead L, Ward G. 2003. A high dynamic range display system using low and high resolution modulators. In: Proceesinds of the 2003 Society for information display symposium.

[39] Ledda P, Chalmers A., Trosciankko T, Seetzen H. 2005. Evaluation of tone mapping operators using a high dynamic range display. ACM Tran Graphics. 24(3):640-648.

[40] Johnson G, Fairchild M. 2003. Rendering HDR images. In: Proceedsing of Imaging Science and Technology & Society for Information Display. p 36-41.

[41] Reinhard E, Ward G, Pattanaik S, Debevec P. 2006. High dynamic range Imaging. San Francisco: Morgan Kaufman. 497 p.

[42] [CIE] Commission Internationale de l'Eclairage. 2006. Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs. Austria: CIE. 99 p.

[43] Maamari F, Fontoynont, Adra N. 2006. Application of the CIE test cases to assess the accuracy of lighting computer programs. Energy and Build. 38:869-877.

[44] Slater A, Graves H. 2002. Benchmarking lighting design software. TM 28. London. CIBSE. 30 p.

[45] Geisler-Moroder D, Dür A. 2008. Validation of Radiance against CIE 171:2006. In: 7th International Radiance Workshop. Switzerland. 2008.

[46] Dau Design Consulting. 2007. Validation of AGi32 against CIE 171:2006. Calgary: Dau Design Consulting. 62 p.

[47] Laouadi A, Arenault C. 2006. Validation of skylight performance assessment software. ASHRAE Trans. July 2006

[48] [ANSI] American National Standards Institute. 2002. American national standard methods of measurement of fluorescent lamp ballasts, ANSI C82.2-2002. New York: ANSI.

[49] Lighting Research Center. 2000. Electronic ballasts. NLPIP specifier report. Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute.

[50] Lighting Research Center. 2003. Adaptable ballasts. NLPIP lighting answers. Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute.

[51] [IES] Illuminating Engineering Society. 2006. LM-61-06.IESNA approved guide for identifying operating factors influencing measured vs. predicted performance for installed outdoor high intensity (HID) luminaires. New York. IES. 15 p.

[52] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. IESNA/NALMCO RP-36-03 Recommended practice for planned indoor lighting maintenance. New York: IES. 34 p.

[53] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-40-01, IESNA Approved Method for Life Testing of Fluorescent Lamps.

[54] [IES] Illuminating Engineering Society. 2001. LM-47-01, IESNA Approved Method for Life Testing of High Intensity Discharge (HID) Lamps

[55] Eble-Hankins M, Waters CE. 2009. Subjective impression of discomfort glare from sources of non-uniform luminance. Leukos 6(1): 51-77.

[56] Levin RE. 1975. Position index in VCP calculations; An assessment. J Illum Eng Soc. 4(2):99-105.

[57] Siegel, R. 2010. Thermal Radiation Heat Transfer. 5th ed. CRC Press; 1012 p.

10.11 FORMULARIO

10.11.1 CÁLCULO DE FACTORES DE CONFIGURACIÓN

La ecuación 10.9 proporciona la forma general para calcular un factor de configuración de transferencia radiativa. Para muchas configuraciones geométricas se puede encontrar un sistema de coordenadas conveniente y cada componente de la integral se puede hacer específico para ese sistema de coordenadas. En muchos casos, la integral doble resultante (es decir, de área) tiene una forma cerrada. Se encuentran disponibles extensas tabulaciones de ecuaciones para geometrías específicas [57]. Aquí se dan ecuaciones para configuraciones geométricas que ocurren comúnmente en la iluminación arquitectónica.

FIGURA F 10.2 / GEOMETRÍA PARA LA ECUACIÓN F 10.2

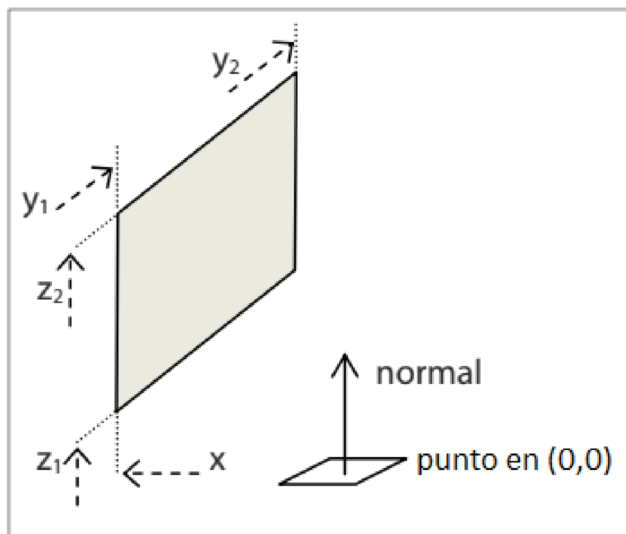


Figura F 10.3 / Geometría para la Ecuación F 10.3

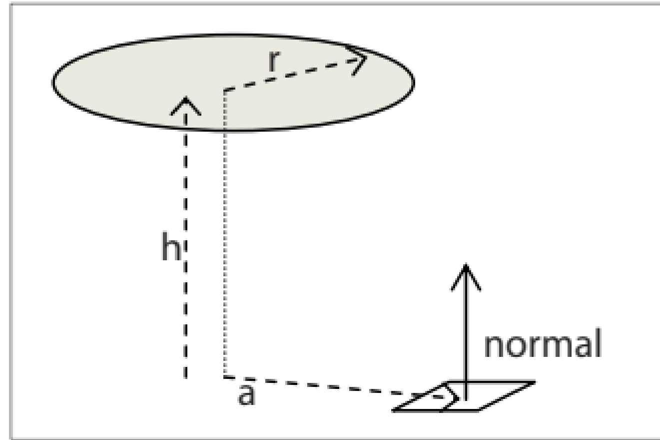
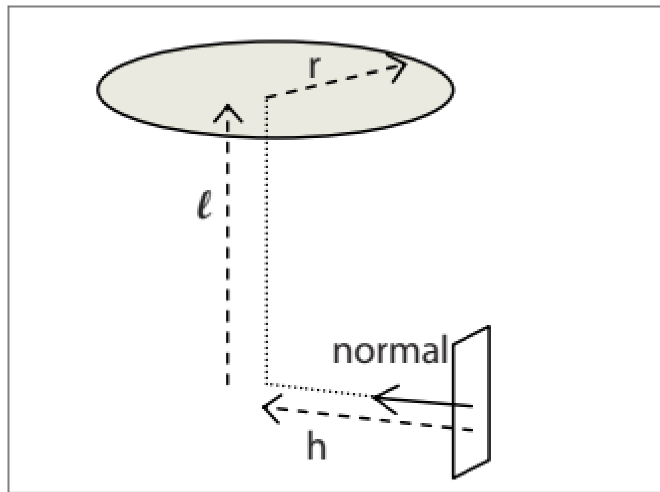


Figura F 10.4 / Geometría para la Ecuación F 10.4



Punto en un plano y rectángulo en un plano paralelo

$$c = \frac{1}{2\pi}\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}F(x_i,y_j)(-1)^{i+j}$$

$$F(x_i,y_j) = \frac{x_i}{\sqrt{x_i^2+z^2}}\arctan\left[\frac{y_j}{\sqrt{x_i^2+z^2}}\right] + \frac{y_j}{\sqrt{y_j^2+z^2}}\arctan\left[\frac{x_i}{\sqrt{y_j^2+z^2}}\right] \qquad \text{(F10.1)}$$

Punto en un plano y Rectángulo en un plano perpendicular

$$c = \frac{z}{2\pi}\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}F(y_i,z_j)(-1)^{i+j}$$
$$F(x_i,y_j) = \frac{-1}{\sqrt{x^2+y_i^2}}\arctan\left[\frac{z_j}{\sqrt{x^2+y_i^2}}\right] \quad \text{(F10.2)}$$

Punto en un plano y círculo en un plano paralelo

$$H = \frac{h}{a}; R = \frac{r}{a}; Z = 1 + H^2 + R^2$$
$$c = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1 + H^2 - R^2}{\sqrt{Z^2 - 4R^2}}\right) \quad \text{(F10.3)}$$

Punto en un plano y círculo en un plano perpendicular

$$H = \frac{h}{\ell}; R = \frac{r}{\ell}; Z = 1 + H^2 + R^2$$
$$c = \frac{H}{2}\left(\frac{Z}{\sqrt{Z^2 - 4R^2}} - 1\right) \quad \text{(F10.4)}$$

Figura F 10.5 / Geometría para la Ecuación F 10.5

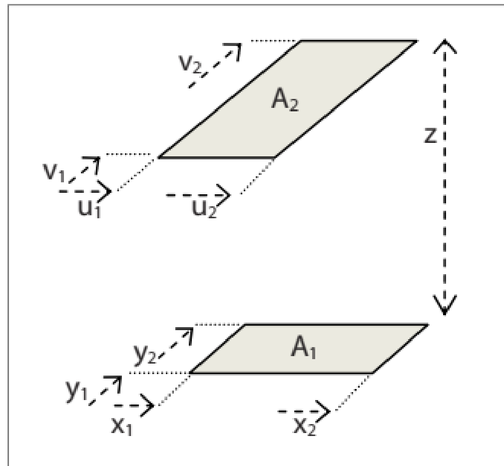
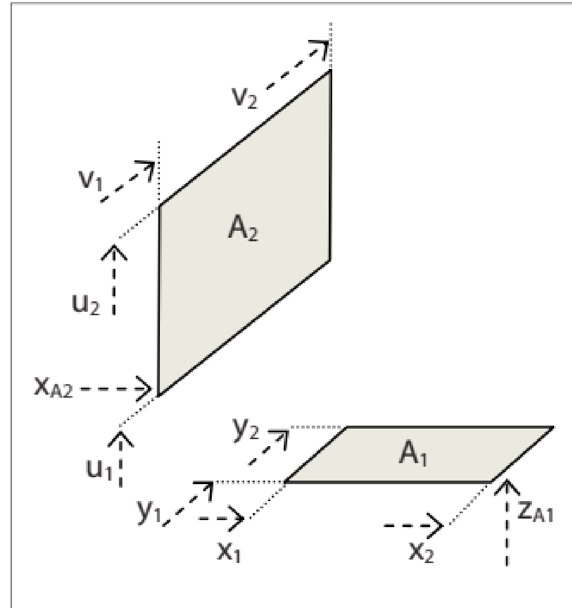


Figura F10.6 | Geometría para la Ecuación F10.6



10.11.2 CÁLCULO DE FACTORES DE FORMA

La ecuación 10.13 proporciona la forma general para calcular los factores de forma de transferencia radiativa. Al igual que con los factores de configuración, algunas configuraciones geométricas permiten la integración de formas cerradas. Aquí se dan ecuaciones para configuraciones geométricas comunes que se encuentran en la iluminación arquitectónica. Estas ecuaciones suponen que no hay elementos oclusivos entre las superficies involucradas; cualquier punto de la primera superficie tiene una vista completa de la segunda superficie.

Rectángulos en planos paralelos con aristas paralelas o perpendiculares

$$F_{1\to 2} = \frac{z^2}{2\pi A_1}\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\sum_{k=1}^{2}\sum_{m=1}^{2} H(u_i, v_j, x_k, y_m)(-1)^{i+j+k+m}$$

$$a = \frac{x_k - u_i}{z}; b = \frac{y_m - v_j}{z} \qquad \text{(F10.5)}$$

$$H(u_i, v_j, x_k, y_m) = b\sqrt{1+a^2}\ \arctan\left[\frac{b}{\sqrt{1+a^2}}\right] + a\sqrt{1+b^2}\ \arctan\left[\frac{a}{\sqrt{1+b^2}}\right] - \frac{1}{2}\ln[1+a^2+b^2]$$

Rectángulos en planos perpendiculares con aristas paralelas o perpendiculares

$$F_{1 \to 2} = \frac{1}{2\pi A_1} \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} \sum_{k=1}^{2} \sum_{m=1}^{2} G(v_i, z_j, x_k, y_m)(-1)^{i+j+k+m}$$

$$a = y_m - v_j;\ b = z_{A_1} - u_i;\ c = x_k - x_{A_2} \qquad \text{(F10.6)}$$

$$G(u_i, v_j, x_k, y_m) = a\sqrt{c^2 + b^2}\ \arctan\left[\frac{a}{\sqrt{c^2 + b^2}}\right] + \frac{1}{4}(a^2 - b^2 - c^2)\ln\left[a^2 + b^2 + c^2\right]$$

10.11.3 CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN DEL MÉTODO LUMEN

Las tablas de coeficientes de utilización (CU) se pueden preparar mediante procedimientos sistemáticos. Es deseable estandarizar el proceso para producir tablas publicadas de estos valores para evitar malentendidos y facilitar las comparaciones directas de los datos para diferentes luminarias. Estos coeficientes se derivan de las ecuaciones descritas en la teoría de la transferencia radiativa en la sección sobre Principios básicos anterior. Los supuestos básicos utilizados para desarrollar los coeficientes de cavidad zonal son:

• Las superficies de la habitación son reflectores lambertianos

• El flujo incidente en cada superficie se distribuye uniformemente sobre esa superficie

• Las luminarias están distribuidas uniformemente por toda la habitación (uniformemente densas pero no necesariamente en un patrón uniforme)

• La habitación está vacía

• Las superficies de la habitación son espectralmente neutras

Las tablas completas de CU proporcionan valores para al menos estas reflectancias del techo: 0,80; 0,70; 0,50; 0,30; 0,10 y 0,0. En cada una de estas reflectancias del techo, se proporcionan valores para al menos estas reflectancias de la pared: 0,70; 0,50; 0,30 y 0,0. Se reconoce que las limitaciones de espacio a menudo exigen abreviaciones. En ese caso, sólo se recomiendan las columnas para ρ_{CC}= 80, 50 y 10% para luminarias que tengan entre 0-35% de su potencia entre la zona de 90-180°; y 80, 70 y 50% para luminarias que tengan más del 35% de su producción en esa zona. Además, las columnas ρ_{CC}=10% no son necesarias para las tablas abreviadas. Se recomienda que las CU se publiquen con dos decimales. El cálculo de las CU se realiza de acuerdo con el siguiente algoritmo.

1. Defina 18 zonas cónicas de ángulo sólido de 10° de ancho desde el nadir hasta el cenit alrededor de la luminaria, donde el índice de cada zona, N, es un número entero entre 1 y 18 inclusive.

2. Determine el flujo Φ_N (lúmenes) en las distintas zonas:

• El flujo en un ángulo sólido cónico viene dado por

$$\Phi_N = 2\pi\ I_{\theta_N}(\cos(\theta_N) - \cos(\theta_{N+1})) \qquad \text{(F10.7)}$$

Donde:

$I_{\theta N}$ = intensidad de la zona media, en cd, para la N ésima zona,
θ_N, θ_{N+1}= ángulos del cono delimitador.

• Si la intensidad no es rotacionalmente simétrica con respecto al eje vertical, promedie la intensidad con respecto al eje vertical en cada ángulo vertical θ. Tenga en cuenta que la intensidad debe muestrearse a intervalos angulares iguales con respecto al eje vertical. Por ejemplo, si se conoce la intensidad para tres planos verticales $I_{\theta,90°}$ (perpendicular) $I_{\theta,45°}$ y $I_{\theta,0°}$ (paralelo), entonces

$$I_\theta = \frac{1}{4}(I_{\theta,0^\circ} + 2\, I_{\theta,45^\circ} + I_{\theta,90^\circ}) \qquad \text{(F10.8)}$$

Mientras que tres planos son suficientes para luminarias con simetría rotacional nominal, para luminarias sin esta simetría se prefieren los datos fotométricos en incrementos de 15° o 22,5° alrededor del eje vertical.

• Si la intensidad se toma en intervalos verticales de 10° (0=5°, 15°, 25°,...), entonces el flujo Φ_N se determina aplicando **F 10.7** en toda la zona. Se prefiere tener valores de intensidad en ángulos verticales de 5° (θ=2,5°, 7,5°, 12,5°,...). Luego la zona N se divide en dos partes, se aplica **F 10.7** a cada parte y se suma el flujo resultante.

3. Determine las funciones de flujo adicionales:

$$\Phi_{\text{luminaria}} = \sum_{N=1}^{18} \Phi_N \qquad \text{(F10.9)}$$

$$\eta_{\text{abajo}} = \frac{1}{\Phi_{\text{lamps}}} \sum_{N=1}^{9} \Phi_N \qquad \text{(F10.10)}$$

$$\eta_{\text{arriba}} = \frac{1}{\Phi_{\text{lamps}}} \sum_{N=10}^{18} \Phi_N \qquad \text{(F10.11)}$$

Donde:

$\Phi_{\text{luminaria}}$ = flujo total emitido por la luminaria

$\Phi_{\text{lámps}}$ = flujo total emitido por las lámparas en la luminaria

η_{abajo} = proporción del flujo de la lámpara que sale de la luminaria en dirección hacia abajo

η_{arriba} = proporción del flujo de la lámpara que sale de la luminaria en dirección hacia arriba

Cuadro 10.9 / Constantes para la Ecuación del Multiplicador Zonal

Zona (N)	A	B
1	0	0
2	0.041	0.98
3	0.070	1.05
4	0.100	1.12
5	0.136	1.16
6	0.190	1.25
7	0.315	1.25
8	0.640	1.25
9	2.10	0.80

Cuadro 10.10 / desde Factores para los RCR

RCR	Desde Factor
0	1.000
1	0.827
2	0.689
3	0.579
4	0.489
5	0.415
6	0.355
7	0.306
8	0.265
9	0.231
10	0.202

4. Determine la relación directa, D_{RCR}, relacionada con la fracción del flujo de la luminaria por debajo de la horizontal que incide directamente sobre el plano de trabajo:

$$D_{RCR} = \frac{1}{\eta_{down}\,\Phi_{lamps}} \sum_{N=1}^{9} K_{RCR,N}\,\Phi_N \qquad \text{(F10.12)}$$

Donde:

RCR = **relación de cavidades de la habitación, entre 1 y 10 inclusive,**
$K_{RCR,N}$ = **multiplicadores zonales.**

El multiplicador zonal es la fracción del flujo dirigido hacia abajo que incide directamente sobre el plano de trabajo (superficie inferior de la cavidad de la habitación) para cada zona N. Los multiplicadores zonales son funciones del RCR:

$$K_{RCR,N} = \exp[-A \cdot RCR^{B}] \qquad \text{(F10.13)}$$

Donde:

A y B son constantes y son dadas en el cuadro 10.9

5. Determine los parámetros C_1,C_2,C_3 y C_0 como paso intermedio. En las fórmulas siguientes, ρ_W es la reflectancia de la pared, ρ_{CC} es la reflectancia de la cavidad del techo y ρ_{FC} la reflectancia de la cavidad del piso, que se toma como 0,2 para las tablas de coeficientes estándar.

$\rho_{CC\rightarrow FC}$ factor de forma desde la cavidad del techo hasta la cavidad del piso que se muestra en la Tabla 10.10. Para el software de computadora, se puede utilizar F 10.5 para determinar $\rho_{CC\rightarrow FC}$.

$$C_1 = \frac{(1-\rho_W)(1-f_{CC\rightarrow FC}^2)RCR}{2.5\,\rho_W(1-f_{CC\rightarrow FC}^2) + RCR\, f_{CC\rightarrow FC}(1-\rho_W)} \qquad \text{(F10.14)}$$

$$C_2 = \frac{(1-\rho_{CC})(1+f_{CC\rightarrow FC})}{1+\rho_{CC} f_{CC\rightarrow FC}} \qquad \text{(F10.15)}$$

$$C_3 = \frac{(1-\rho_{FC})(1+F_{CC\rightarrow FC})}{1+\rho_{FC} F_{CC\rightarrow FC}} \qquad \text{(F10.16)}$$

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 \qquad \text{(F10.17)}$$

6. Determine la CU para cada combinación de reflectancias y RCR:

$$CU_{RCR;\,\rho_{CC},\,\rho_W,\,\rho_{FC}} = \frac{2.5\,\rho_W C_1 C_3 (1-D_{RCR})\eta_{abajo}}{RCR\,(1-\rho_W)(1-\rho_{FC})C_0} + \frac{\rho_{CC} C_2 C_3\, \eta_{arriba}}{(1-\rho_{CC})(1-\rho_{FC})C_0} + \left(1 - \frac{\rho_{FC} C_3 (C_1 + C_2)}{(1-\rho_{FC})C_0}\right)\frac{D_{RCR}\,\eta_{abajo}}{1-\rho_{FC}} \qquad \text{(F10.18)}$$

7. Las ecuaciones anteriores se pueden usar para calcular el CU cuando el RCR es igual a cero, pero las formas de las ecuaciones deben ordenarse para evitar la división por cero. Lo más sencillo es utilizar las siguientes relaciones:

$$CU_{0;\, \rho_{CC},\, \rho_W,\, \rho_{FC}} = \frac{\eta_{abajo} + \rho_{CC}\,\eta_{arriba}}{1 - \rho_{CC}\rho_{FC}} \qquad (F10.19)$$

10.11.4 CÁLCULO DEL CRITERIO DE ESPACIADO

El cálculo del criterio de espaciado de luminarias se basa en las dos premisas siguientes:

1. Cuando dos luminarias convencionales similares están cerca de su espaciado máximo, la iluminancia directamente debajo de una luminaria se debe principalmente a la luminaria superior. Además, un punto muy probable de baja iluminancia estará en el punto medio entre dos luminarias. La separación máxima a una altura de montaje determinada sobre el plano de trabajo se elige de modo que la iluminancia a medio camino entre las dos luminarias y debida a ambas luminarias sea igual a la iluminancia bajo una debida únicamente a esa luminaria.

2. Otro punto probable de baja iluminancia es el centro de un conjunto cuadrado de luminarias adyacentes. La separación máxima a una altura de montaje determinada sobre el plano de trabajo se elige de modo que la iluminancia en el centro del conjunto de luminarias debida a las cuatro luminarias sea igual a la iluminancia bajo una debida únicamente a esa luminaria.

La separación máxima (expresada como relación entre la separación y la altura de montaje) que cumple cada una de las condiciones anteriores se puede determinar utilizando la distribución de intensidad de la luminaria. Para efectos de establecer este criterio, se supone que la ley del cuadrado inverso es válida. Ésta es la única suposición para los cálculos. Para luminarias con distribuciones de intensidad azimutalmente simétricas, se puede utilizar un único plano azimutal de datos. De lo contrario, es necesario utilizar tres planos de datos, generalmente $\psi=0°$; $\psi= 45°$; $\psi= 90°$ y reportar dos valores del criterio de espaciado, uno asociado con $\psi=0°$ (“paralelo”) y uno asociado con $\psi= 90°$ (“perpendicular”).

Para la condición 1, suponiendo una altura arbitraria, h, sobre el plano de trabajo:

$$\begin{aligned} E_{abajo} &= E_{entre} \\ \frac{I(0,\psi)}{h^2} &= \frac{2\, I(\theta,\psi)\cos^3(\theta)}{h^2} \\ I(0,\psi) &= 2\, I(\theta,\psi)\cos^3(\theta) \end{aligned} \qquad (F10.20)$$

Donde:

E_{abajo} = Iluminancia directamente debajo de una luminaria debido únicamente a esa luminaria
E_{entre} = Iluminancia a medio camino entre las luminarias, debido a ambas luminarias
ψ = ángulo del plano azimutal utilizado para determinar el criterio

Se encuentra que el ángulo de elevación, θ, da intensidades que satisfacen la ecuación F 10.20.

$$I(\theta,\psi) = \frac{I(0,\psi)}{2\cos^3(\theta)} \qquad (F10.21)$$

Encontrar el valor de θ que satisfaga la ecuación F 10.21 generalmente requiere búsqueda e interpolación. El criterio de separación para dos luminarias, SC_2, es entonces

$$SC_2 = \frac{h\tan(\Theta_2)}{h} = \tan(\Theta_2) \qquad \text{(F10.22)}$$

Donde:

Θ_2 = ángulo θ que satisface la ecuación F 10.21

Este procedimiento se repite considerando cuatro luminarias. En este caso

$$I(\theta,\psi) = \frac{I(0,\psi)}{4\cos^3(\theta)} \qquad \text{(F10.23)}$$

Donde:

$$\psi = 45^0$$

Encontrar el valor Θ_4 que satisfaga la ecuación F 10.23 da

$$SC_4 = \frac{h\tan(\Theta_4)}{h} = \tan(\Theta_4) \qquad \text{(F10.24)}$$

El criterio de espaciado para la luminaria es el más pequeño de SC_2 y SC_4.

DISEÑO

DISEÑO

Esta sección del Manual de iluminación reúne capítulos que tratan los aspectos del diseño de iluminación comunes a la mayoría de las aplicaciones. Dos capítulos preliminares ubican el diseño de iluminación dentro del contexto más amplio del proceso de diseño de edificios y establecen aquellos aspectos de la arquitectura y la percepción humana que se combinan para producir el ambiente luminoso. El capítulo sobre los aspectos de aplicación de las fuentes de luz eléctrica es único como fuente de información sobre las lámparas. Es importante destacar que debe considerarse como parte de un par, junto con el capítulo sobre lámparas en la sección Marco del libro. Allí el usuario encontrará las cuestiones técnicas de funcionamiento y características de la lámpara. En conjunto, estos capítulos presentan información sobre cómo funcionan las lámparas, sus características operativas y cuestiones de aplicación, como el mantenimiento y la atenuación del lumen. Como tal, estos capítulos describen tipos genéricos de lámparas; los datos detallados y específicos de una lámpara en particular se obtienen mejor de los catálogos de los fabricantes.

El capítulo sobre diseño de iluminación natural proporciona un tratamiento extenso que comienza con la información, la voluntad y las consideraciones que deben ser una parte temprana del proceso de diseño del edificio para que la iluminación natural sea un componente importante del sistema de iluminación. A continuación se tratan el proceso de diseño, la tecnología de suministro de luz natural y las medidas de rendimiento de la luz natural.

El capítulo sobre diseño de iluminación eléctrica presenta el carácter general y el equipamiento de la iluminación eléctrica. A esto le sigue una discusión sobre el diseño de iluminación, métodos de modelado para probar diseños y algunos de los aspectos prácticos de los sistemas de iluminación que afectan el diseño. Otros aspectos comunes a la mayoría de los diseños de iluminación se tratan en capítulos dedicados a la gestión, los controles, la economía y la sostenibilidad de la energía.

Los capítulos de diseño se han escrito como, y deben considerarse, no sólo una recopilación de factores comunes a todo diseño de iluminación, sino también como antecedente de todos los capítulos de la sección Aplicaciones. Los capítulos se han escrito basándose en el material presentado aquí en la sección Diseño y no deben utilizarse sin comprender este material.


www.jmaconochie.com

11 I DISEÑO DE ILUMINACIÓN EN EL PROCESO DE DISEÑO DE EDIFICIOS

En teoría, no hay diferencia entre teoría y práctica.

En la práctica la hay.

Yogi Berra, jugador de béisbol estadounidense del siglo XX

Contenido

La teoría, ese conjunto de fenómenos, hechos y principios de iluminación, es la esencia de este manual. Conocer la teoría es un requisito del diseño de iluminación. Diseñar la iluminación en el vacío de listas de control, principios y reglas analíticas aumenta la probabilidad de encontrar una solución técnicamente adecuada, pero no necesariamente la solución adecuada para un edificio y un grupo de usuarios determinados. Alternativamente, diseñar la iluminación basándose únicamente en la estética puede dar como resultado un entorno fotogénico que carece de un rendimiento sostenible y satisfactorio. El diseño de iluminación exitoso combina los aspectos analíticos y estéticos. Los capítulos 11 y 12 detallan un proceso de diseño y aspectos analíticos y estéticos clave útiles en el diseño de iluminación. Los capítulos 14 y 15 analizan equipos, técnicas y estrategias para la iluminación natural y eléctrica, respectivamente. Cualquier miembro del equipo que desempeñe el papel de diseñador de iluminación, comúnmente denominado diseñador de iluminación, en un proyecto determinado puede tener interés. Este capítulo introductorio a la Sección de Diseño no se parece a ningún otro de las nueve ediciones anteriores del Manual IES. La naturaleza misma del diseño es explorar ideas individuales y en equipo para resolver problemas de diseño. La presentación de este material no tiene la estructura de principios de ingeniería. Este y otros capítulos de diseño pueden leerse menos como un manual de fórmulas y procedimientos de memoria y más como una colección de notas: destinadas a estimular y hacer avanzar el diseño. Algunos capítulos de esta Sección de Diseño exhiben una gran cantidad de recuadros laterales introducidos para una referencia conveniente de los conceptos y claridad de propósito cuando se discuten temas de práctica de diseño más que de ingeniería.

El diseñador de iluminación *es una referencia a cualquier miembro del equipo responsable del diseño de iluminación de un proyecto.*

Indicativo *significa anecdótico, pero respaldado por alguna investigación o influenciado, si no cuantificado, por los fundamentos y reglas descritos en este manual. El material de estos capítulos está reunido en un enfoque de diseño y no debe considerarse tal enfoque.*

La experiencia del lector *incluye cierta comprensión del material presentado en la sección MARCO PARA LA ILUMINACIÓN de este manual y la voluntad de consultar esa sección con frecuencia. Es útil tener una comprensión común de algunos términos clave de diseño que se utilizan aquí cuando se habla de iluminación, entre ellos:*

Enfoque: también llamado técnica (ver más abajo).

Concepto: también llamado técnica (ver más abajo).

Criterios**:** puntos de referencia para juzgar técnicas o un diseño.

Diseño: composición completa de estrategias.

Metas: objetivos o intenciones.

Esquema: composición parcial de estrategias no probada.

Solución: diseño probado que satisface todas, la mayoría o las prioridades de los criterios clave acordados por el equipo y el cliente.

Estrategia: método que implica diversas técnicas.

Objetivos: objetivos específicamente asociados con niveles de luz o iluminancias.

Técnica: medios para abordar un criterio o quizás varios criterios.

Clientes *en este contexto se refiere al usuario final o usuarios finales o a la entidad cliente conocida como propietario, desarrollador o director de proyecto corporativo. Un usuario final podría ser el propietario de una vivienda. Los usuarios finales podrían ser trabajadores de un edificio.*

configuración *se utiliza como referencia al entorno construido, ya sea interior o exterior. Se usa indistintamente con entorno y escena.*

planificación *progresiva se refiere a un proceso de planificación que involucra muchas disciplinas, incluida la iluminación en la selección del sitio y el diseño esquemático donde la iluminación puede influir en la ubicación y la forma y geometría arquitectónicas.*

planificación *convencional es una referencia al proceso típico de selección del sitio y diseño del proyecto basado en los requisitos de programación del cliente. La iluminación normalmente no forma parte de este proceso de planificación.*

Los edificios de alto rendimiento *están definidos por la Ley de Seguridad e Independencia Energética de 2007, TÍTULO IV - Ahorro de Energía en Edificios e Industria, SEC. 401, como edificios que integran y optimizan, según el ciclo de vida, todos los atributos principales de alto rendimiento, incluida la conservación de energía, el medio ambiente, la seguridad, la*

durabilidad, la accesibilidad, el costo-beneficio, la productividad, la sostenibilidad, la funcionalidad y las consideraciones operativas.

11.1 DISEÑO DE ILUMINACIÓN

¿Quién defenderá la iluminación en un proyecto? Arquitectos, diseñadores de interiores, ingenieros eléctricos, consultores de iluminación, propietarios, ingenieros energéticos, consultores de sostenibilidad, representantes de productos de iluminación, fabricantes de iluminación, contratistas y distribuidores tienen el poder de utilizar este manual para tomar decisiones mejor informadas sobre iluminación. Cualquiera de estos miembros del equipo de diseño y construcción puede defender la iluminación. El material que sigue aquí y en los Capítulos 12, 15 y 20 es indicativo de cómo se puede lograr el diseño de iluminación y supone cierta experiencia del lector y familiaridad con algunas palabras clave.

11.1.1 PROCESO DE DISEÑO

Estar atento al premio es fundamental. Si el diseño de iluminación no se aborda adecuadamente, el resultado pueden ser soluciones de iluminación subóptimas y la pérdida de oportunidades para maximizar el beneficio de los costos de construcción, la energía incorporada en el edificio y la energía de iluminación.

El proceso descrito aquí ayudará a los diseñadores de iluminación a establecer diseños de iluminación y opciones de equipos basados en un conjunto completo de criterios. Paralelamente al proceso de diseño del edificio ayuda a determinar las prioridades y estrategias de diseño que el equipo desarrolla y utiliza para el proyecto general. Sin conocer, comprender, evaluar y contribuir a estas prioridades y estrategias, es un error hacer un plan, hacer un diseño, especificar las luces y esperar resultados competentes e integrados y mucho menos un diseño que satisfaga al usuario. Excepto para unos pocos afortunados o muy talentosos, la falta de proceso contribuye a diseños menos óptimos y en última instancia, a un mayor desperdicio de recursos terrestres.

11.1.2 TRABAJO EN EQUIPO

La comunicación y coordinación del equipo programadas periódicamente son importantes. La comunicación y la coordinación pueden conducir a una mejor integración y diseño de los sistemas de construcción, lo cual es un sello distintivo de un proceso integrado de diseño de edificios. [1,2] Cuando falta un enfoque tan integrado, puede ser necesario que un defensor de la iluminación participe en la cadena de comunicación y coordinación.

11.1.3 ESQUEMA DEL PROCESO

Lo que sigue es un esquema de un proceso de diseño de iluminación en el contexto de un proceso de diseño de edificio. La iluminación debe inspirar el proceso de diseño del edificio y viceversa. Existe una gran oportunidad para que la arquitectura, el diseño de interiores y la arquitectura paisajística ayuden a satisfacer las necesidades de iluminación de los clientes. La iluminación utiliza recursos terrestres en su fabricación, transporte, instalación y operación. La iluminación es el sistema constructivo que representa la escena visual y establece la utilidad de esa escena. Por eso es necesario crear entornos más exitosos, eficientes y sostenibles donde la iluminación influya en los diseños arquitectónicos, de interiores y paisajísticos.

11.2 PLANIFICACIÓN

La planificación de muchos proyectos de construcción implica algún tipo de selección del sitio y luego programación que se utiliza para determinar los tipos, tamaños y posiciones relativas de los espacios. Esto puede implicar una construcción nueva o una renovación o rehabilitación. Los enfoques de planificación (planificación progresiva o planificación convencional) y la selección del sitio, la programación y el desarrollo esquemático arquitectónico afectan significativamente el grado de éxito de la iluminación.

11.2.1 PLANIFICACIÓN PROGRESIVA

Un enfoque progresivo de la planificación utiliza la iluminación como influencia en la selección del sitio, la programación, la orientación y ubicación del edificio y los esquemas arquitectónicos. 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y específicamente 14.3.1 Sitio y clima y 14.4 Geometría y materiales del edificio identifican sinergias entre la iluminación natural y la ubicación y las fachadas. Cierto grado de participación de la iluminación en la programación asegura la exploración de las necesidades visuales funcionales y estéticas de los clientes. Esto, a su vez, proporciona la base para elegir efectos de iluminación, equipos de iluminación y diseños. Aunque la practican pocos de los equipos de diseño más experimentados o vanguardistas, la mayoría de la planificación progresiva implica un mayor riesgo de fracaso o más tiempo y honorarios para estudiar ideas y opciones innovadoras. La Figura 11.1 captura los resultados de la planificación progresiva que aborda las aspiraciones de diseño de iluminación natural.

Una participación temprana, más amplia e intensiva en iluminación en el proceso de planificación permite al equipo influir mejor en los parámetros de ubicación y paisaje que impulsan una mejor iluminación natural e influir en los parámetros arquitectónicos que impulsan una mejor iluminación natural e iluminación eléctrica. La energía de iluminación es objeto de un profundo análisis y el diseño sostenible se resume en la iluminación natural y eléctrica eficiente, por lo que la planificación progresiva es una táctica obvia y deseable y un enfoque para un edificio de alto rendimiento.

11.2.2 Planificación Convencional

Con la planificación convencional, se desarrolla una forma arquitectónica para contener los espacios programados en el sitio seleccionado para la nueva construcción. Si se trata de una construcción renovada o rehabilitada, entonces la geometría de la arquitectura interior se reconfigura para albergar los espacios programados. Después de una cierta cantidad de trabajo de diseño y revisión con los clientes, un esquema arquitectónico está disponible para el diseño de las diversas disciplinas. En el proceso de planificación convencional, la iluminación a menudo se excluye de los componentes tempranos y formativos de selección del sitio, programación y diseño esquemático. Esto puede perjudicar el éxito de la iluminación. La planificación convencional a menudo limita las oportunidades de iluminación natural a la ubicación dada y a los diseños de ventanas y tragaluces que generalmente se establecen por razones distintas a la iluminación natural, como el costo inicial, la conveniencia del acceso, la estética o la formalidad de la orientación y los tratamientos de la fachada. Es probable que estas formas arquitectónicas y geometrías interiores predeterminadas limiten la penetración de la luz natural y la iluminación eléctrica óptima. Las alturas de techo bajas debilitan especialmente la distribución eficaz de la iluminación. Las secciones de edificios de varios pisos que son bastante anchas en relación con la altura de las ventanas limitan la luz natural sólo a las áreas perimetrales. Estos pueden ser fáciles de abordar, especialmente en construcciones nuevas, pero requieren entrada de iluminación durante los primeros estudios de diseño arquitectónico. Las prioridades se gestionan en la planificación convencional en virtud del número limitado de oportunidades disponibles. Por ejemplo, el énfasis casi exclusivo de un equipo pequeño en los costos iniciales impide la exploración de arquitectura y sistemas que ofrezcan costos de vida beneficiosos, sostenibilidad u operaciones del sistema y vida instalada.

El alcance *determina qué fases del trabajo de diseño se llevan a cabo y qué parte del proyecto está involucrada. El alcance, las implicaciones del cronograma, los plazos y los entregables deben resolverse entre todos los miembros del equipo antes del comienzo del proyecto. Estos aspectos están relacionados con roles, honorarios profesionales, servicios y deberes, responsabilidades y obligaciones. Aunque son bastante importantes para la ejecución del proyecto, estos aspectos administrativos no se tratan aquí como parte del proceso de diseño de iluminación. Véase también la Tabla 11.1 | Ejemplo de alcance de iluminación y entregables.*

11.3 PROCESO DE DISEÑO DEL EDIFICIO

Independientemente de la estrategia de planificación empleada en un proyecto, un proceso de diseño de iluminación que sea paralelo y complemente al proceso de diseño del edificio aprovechará al máximo la iluminación y los recursos arquitectónicos involucrados. El proceso descrito aquí y la información técnica contenida en este manual pueden generar importantes beneficios sociales, ambientales y económicos a través de un mejor diseño de iluminación. Se pueden identificar al menos seis fases: prediseño; diseño esquemático; desarrollo de diseño; documentos contractuales; administración de la construcción; y ocupación de puestos. La Tabla 11.1 identifica las fases de diseño y construcción de edificios con uso intensivo de iluminación y ofrece una indicación de algunos de los alcances y entregables de iluminación asociados.

11.3.1 PREDISEÑO

Antes de comenzar cualquier planificación, se debe conocer el alcance, el cronograma, el cliente, el equipo y el tipo y presupuesto del proyecto. Este esfuerzo de investigación puede ser breve y puede denominarse Prediseño. Si el alcance es enorme (en área o en variedad y número de espacios) y el cronograma extraordinariamente abreviado o el presupuesto demasiado bajo, las oportunidades para revisar una gran cantidad de posibles escenarios de iluminación natural progresiva y de iluminación eléctrica simplemente no estén disponibles. El proceso de planificación probablemente sea convencional. Esto no quiere decir que el proyecto exhibirá un diseño de iluminación inferior o incluso iluminación convencional en la arquitectura convencional. Sin embargo, sí sugiere que algunas oportunidades de diseño no serán exploradas o ni siquiera consideradas posibles para este proyecto en particular dentro del plazo o presupuesto asignado. Conocer el tipo de proyecto proporciona información adicional sobre las posibilidades de diseño. Una nueva construcción en un sitio nuevo es una señal de que las oportunidades de iluminación natural son posibles y deben buscarse vigorosamente. La construcción existente en un sitio real sugiere que se necesita una buena comprensión del alcance del trabajo de renovación o rehabilitación para determinar las oportunidades de iluminación natural y eléctrica. Por ejemplo, las alturas de techo de 8' 6" o menos y los plenos poco profundos generalmente restringen la oportunidad de luz natural en el perímetro y limitan los accesos de iluminación eléctrica. Se debe prestar mucha atención al diseño a estas limitaciones en lugar de forzar varias configuraciones de estantes de luz, configuraciones de techo y escenarios de iluminación eléctrica indirecta montada en el techo. Las oportunidades de luz natural podrían surgir mejor explorando nuevas tuberías de luz natural o estrategias de redireccionamiento o reconfigurando las paredes interiores para reflejar mejor la luz natural o introduciendo pisos de alta reflectancia con un acabado mate. Las oportunidades de iluminación eléctrica podrían surgir mejor de la exploración de técnicas de iluminación directa/indirecta no convencionales. La planificación convencional requerirá estrategias no convencionales de iluminación natural y eléctrica.

El éxito requiere un trabajo en equipo altamente coordinado. En el ejemplo discutido anteriormente, los techos relativamente bajos y el deseo de reducir el desorden en el techo junto con criterios técnicos de iluminación que se cumplen mejor con iluminación indirecta podrían resolverse con equipos de iluminación directa/indirecta integrados en los muebles (también conocidos como iluminación ambiental de tareas). Si el diseñador de interiores y el diseñador de iluminación (que podrían ser uno mismo) no pueden colaborar en el tipo de sistema de mobiliario y sistema de iluminación, es posible que tal resolución nunca se explore, y mucho menos se implemente. El pensamiento y la planificación no convencionales pueden requerir más tiempo para explorar opciones menos conocidas o descubrir opciones desconocidas, evaluarlas y diseñar con ellas. Es posible, por ejemplo, que los muebles necesarios para lograr la iluminación en este ejemplo requieran más tiempo para que el diseñador de interiores planifique el espacio con los muebles disponibles y las configuraciones de diseño que también se adaptan a la iluminación directa/indirecta integrada. Es probable que el diseñador de iluminación se tome más tiempo para evaluar la ubicación altamente variable de las luces (impulsada aquí por la ubicación y el tamaño de la estación de trabajo del diseñador de interiores). Es posible que ambos diseñadores deban hacer concesiones en algunas características menos críticas de sus respectivos diseños y criterios para llegar a una conclusión satisfactoria. Aquí son importantes la gran comprensión y la pasión. El cronograma para el trabajo de diseño podría ser un problema. Si el diseñador de interiores y el diseñador de iluminación conocen de antemano la limitación de la altura del techo, pueden hacer un pacto temprano y crucial para explorar un enfoque único y no perder

el tiempo en posibilidades comunes pero seriamente defectuosas, como las lámparas colgantes indirectas convencionales que cuelgan de una pared ya existente bajo techo.

Los proyectos de restauración y reutilización adaptativa ofrecen su propio conjunto específico de desafíos. Estos proyectos pueden estar limitados por su estatus histórico en cuanto a los cambios permitidos en los edificios. Los proyectos de reutilización adaptativa son casos especiales donde, generalmente, las condiciones arquitectónicas y del sitio limitan las oportunidades de luz natural e incluso de luz eléctrica para la selección de acabados y equipos apropiados en lugar de reconfiguraciones arquitectónicas.

La iluminación ambiental *de tareas se popularizó en la década de 1980, cuando su encarnación inicial también se basaba en muebles, mediante los cuales el equipo de iluminación directa (iluminación local o de tareas) se integraba en los sistemas de muebles para iluminar específicamente el área de tareas. Los equipos de iluminación indirecta (ambiente o iluminación general) también se integraron en los sistemas de mobiliario o exentos para dotar de luz general a la estancia o zona. Considerado entonces y ahora como un enfoque más cómodo visualmente al eliminar el deslumbramiento intenso de la iluminación directa tradicional empotrada en el techo.*

Las entrevistas *son parte de las encuestas sobre las condiciones existentes. [6] Estas entrevistas y encuestas permiten al diseñador comprender las tareas de vida o de trabajo de los clientes, sus gustos y disgustos y experimentar las condiciones existentes de primera mano. Pueden surgir oportunidades para educar a los clientes sobre diversas técnicas y tecnologías de iluminación. Esto puede tener el beneficio adicional de crear defensores para presentaciones de iluminación posteriores y soluciones propuestas. Las mediciones de iluminancia se analizan en 9.7*

Medición de iluminancia. *Las lecturas de iluminancia en tareas, áreas de tareas, paredes, elementos iluminados u obras de arte, e incluso en techos, pueden ser información útil para evaluar criterios más adelante en el proceso de diseño.*

11.3.2 DISEÑO ESQUEMÁTICO (SD) o (DE)

Es necesaria una base de conocimientos en cualquier proyecto para comprender al cliente, las necesidades del cliente y la situación de iluminación existente del cliente para desarrollar objetivos de diseño, estrategias para cumplir esos objetivos, esquemas de iluminación propuestos para el equipo y consenso del cliente.

11.3.2.1 PROGRAMACIÓN

El diseño comienza después de que haya suficiente información disponible para informar o dirigir el esfuerzo de diseño. La programación es el proceso de investigación y toma de decisiones utilizado para definir el alcance de un proyecto cuyo diseño se va a realizar [4]. La tabla 11.2 describe algunos elementos de programación junto con el alcance del inventario y ejemplos específicos del enfoque de planificación. El inventario es esencialmente rastrear y registrar información. Cuando se utiliza la planificación convencional, se realiza un inventario de las condiciones existentes o los elementos de diseño predeterminados. La planificación progresiva también implica inventariar las condiciones existentes, pero el proceso de diseño de iluminación influye, si no determina, algunas de las direcciones clave necesarias para proceder con el diseño. Cuando un cliente tiene un entorno existente, comprender la iluminación existente en ese entorno puede ayudar a guiar los objetivos de diseño, la determinación de criterios e incluso cómo se plantean las presentaciones de diseño. Por ejemplo, si la cafetería de un colegio comunitario existente que se está renovando tiene paredes, pisos y techos oscuros y los usuarios se quejan de deslumbramiento y espacios estrechos, las relaciones de luminancia desde las áreas de primer plano (mesas) a las superficies de fondo y de las luminarias a las superficies de fondo serán mucho más altas. mejorado estableciendo acabados de superficie que exhiben reflectancias específicas de IES de 90-60-20 (techo-paredes-piso). Sin embargo, si el gusto del rector de la universidad o del decorador de interiores necesita cierta cantidad de ricos acabados superficiales para que esto se parezca más a un comedor y menos a un comedor institucional, entonces será conveniente acentuar paneles decorativos de pared o elementos de techo de baja reflectancia clave seleccionados. necesario mejorar las luminancias de las superficies de fondo. En este ejemplo, hemos pasado de la programación a diseñar estrategias para ilustrar el valor de la información obtenida en la programación.

La programación requiere mucho tiempo y por lo general, no es emocionante, pero sin ella, los diseños de construcción y de iluminación son ejercicios inútiles, que desperdician tiempo, dinero y recursos terrestres para lograr fines que con toda probabilidad no satisfacen las necesidades de iluminación de los clientes. Hay referencias disponibles sobre programación relacionada con el diseño de iluminación, incluido el valor de la programación y listas de actividades de programación. [5, 6]

¿Qué es un entregable? Un entregable de proyecto es el resultado de una producción o de un trabajo, tras un pedido de un cliente o, a nivel interno, de una petición de la Dirección. El alcance de un proyecto de gran envergadura, hace que el mismo deba dividirse en varias entregas o etapas

Cuadro 11.1 Ejemplo de Alcance y Entregables de Iluminación

			Miembros del Equipo Involucrados					
Fase	**Alcance**	**Entregables**	**Arquitecto**	**Ingeniero Eléctrico**	**Diseñador de Interiores**	**Arquitecto Paisajista**	**Diseñador de Iluminación**	**Ingeniero Mecánico**
DISEÑO – SD	Emplazamiento • Iluminación diurna	Evaluar la selección del sitio con respecto a las oportunidades de iluminación natural.	✔ (rojo)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (gris)
	• Zona de Iluminación Exterior	Determinar la zona de iluminación ambiental exterior.	✔ (rosa)				✔ (negro)	
	Base del Diseño • Programación	Resuma la información relevante para la iluminación (consulte la Tabla 11.1).	✔ (rosa)				✔ (negro)	
	• Objetivos de Diseño	Documente objetivos, criterios, prioridades y técnicas de iluminación relevantes.	✔ (rosa)				✔ (negro)	
	Esquemas Preliminares • Esquemas de Iluminación	Documentar el esquema o esquemas recomendados.	✔ (rosa)				✔ (negro)	
	• Contabilidad	Ayudar en ejercicios de calificación ecológica, costos y presupuesto energético	✔ (rosa)	✔ (gris)			✔ (negro)	✔ (gris)
	Revisión del Cliente	Presentar esquemas de iluminación para revisión del cliente.	✔ (rojo)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
DISEÑO – DD	Reconfirmar o Revisar SD • Reconfirmar	Reconfirmar esquemas. Otras disciplinas pueden afectar la iluminación.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)
	• Revisar	Revisar aspectos esquemáticos que fueron rechazados durante SD.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)
	• Finalizar Esquema	Documentar los esquemas de iluminación propuestos finales.	✔ (rosa)				✔ (negro)	
	Selecciones de Equipos • Luminarias y Lámparas	Las selecciones abordan esquemas de iluminación, objetivos, criterios y prioridades. Itere selecciones, diseños, cálculos y revisiones en equipo.	✔ (rojo)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (negro)	✔ (negro)
	• Diseños	Proponer diseños de iluminación interior y exterior para revisión y coordinación del equipo. Hacer circular viñetas. Iterar para llegar a un acuerdo.	✔ (rojo)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
	Diseños y Especificaciones Iniciales • Planos de Iluminación	Documentar los diseños de iluminación aceptados.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
	• Esquemas de Controles	Esquemas de control de documentos para diseños de iluminación.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
	• Finalizar Diseño	Documentar los planos propuestos, los controles y las selecciones de luminarias.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
	• Contabilidad	Ayudar en ejercicios de calificación ecológica, costos y presupuesto energético.	✔ (rosa)	✔ (gris)			✔ (negro)	✔ (gris)
	Revisión del Cliente	Presentar esquemas de iluminación para revisión del cliente.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
Administración – CD	Reconfirmar o Revisar DD	Reconfirmar o revisar para abordar los comentarios del cliente o del equipo.	✔ (rojo)	✔ (negro)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
	RCP$_S$, Detalles, Elevaciones	Documente información relevante sobre planos, detalles y elevaciones.	✔ (rojo)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (gris)
	Control de Calidad	Revisiones de planes por turnos; detección de colisiones	✔ (rosa)	✔ (negro)	✔ (gris)		✔ (gris)	✔ (negro)
	Especificación de Iluminación	Documentar la especificación y, si es necesario, el calendario de luminarias.	✔ (rojo)	✔ (gris)			✔ (negro)	
	Especificación de Controles	Documentar el cronograma inicial preestablecido y las especificaciones de controles.	✔ (rojo)	✔ (negro)			✔ (gris)	
	Contabilidad	Ayudar en ejercicios de calificación ecológica, costos y presupuesto energético.	✔ (rojo)	✔ (negro)			✔ (negro)	✔ (negro)
Administración – CA	Dibujos de tienda	Revisar y evaluar las presentaciones de planos de taller.	✔ (rosa)	✔ (gris)			✔ (negro)	
	Situaciones de Terreno	Ayudar si las condiciones del terreno lo requieren.	✔ (rosa)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (gris)	✔ (negro)	✔ (gris)
	Lista de Pendientes y Puesta en Servicio	Ayudar según lo requiera la situación.	✔ (rosa)	✔ (gris)			✔ (negro)	
	Capacitación y Manuales	Ayudar según lo requiera la situación.	✔ (rosa)	✔ (gris)			✔ (gris)	

Leyenda

✔ (negro) Deber principal del miembro del equipo que desempeña este rol.

✔ (gris) Coordinación por parte del miembro del equipo que desempeña este rol y coordinación recíproca que se espera de otros miembros del equipo.

✔ (rojo) Dirección del diseño y secuenciación del cronograma por parte del miembro del equipo que desempeña este rol para garantizar que los entregables sean oportunos y completos.

✔ (rosa) Coordinación y supervisión por parte del miembro del equipo que desempeña este rol.

a. Esta es una indicación de varias fases y elementos de alcance y entregables relacionados, y no es exhaustiva. El alcance real y los resultados se basan en la dirección específica del cliente, la secuenciación del cronograma y las necesidades de coordinación establecidas por el miembro del equipo a cargo (generalmente el arquitecto).
b. La mención del diseñador de iluminación identifica lo que se puede esperar del miembro del equipo que desempeña este rol.

Cuadro 11.2 | Programación: alcance del inventario y ejemplos específicos

Programación	Alcance del Inventario	Detalles del inventario de planificación progresiva	Detalles del inventario de planificación convencional
Condiciones Existentes	• Estudios de Terreno	• Actividades espaciales	• Actividades espaciales
		• Tareas involucradas	• Tareas involucradas
		• Edades de los ocupantes	• Edades de los ocupantes
		• Comentarios de los usuarios	• Comentarios de los usuarios
Datos de Diseño	• Geometría	• Formas y dimensiones espaciales TBD[a]	• Formas y dimensiones espaciales
	• Iluminación Natural	• Tamaños de apertura de luz natural, orientaciones TBD[a]	• Tamaños de apertura de luz natural, orientaciones
	• Presupuesto	• Construcción US$/ft^2 TBD[a]	• Construcción US$/ft^2
		• Materiales de Iluminación US$/ft^2 TBD[a]	• Materiales de Iluminación US$/ft^2
	• Entorno	• Acceso a luz natural TBD[a]	• Acceso a luz natural
Objetivos de Diseño	• Factores espaciales	• Agrado, orden espacial, definición espacial.	• Agrado, orden espacial, definición espacial.
	• Factores psicológicos	• Sensaciones de amplitud, relajación.	• Sensaciones de amplitud, relajación.
	• Iluminación natural	• Orientación, forma y configuraciones del techo TBD[a]	• Orientación, forma y configuraciones del techo
Criterio	• Acabados	• Reflectancias de superficie TBD[a]	• Reflectancias de superficie TBD[a]
	• Iluminancias	• Valores objetivo horizontal y vertical IES	• Valores objetivo horizontal y vertical IES
	•Contrastes de Superficie	• Relaciones de luminancia IES	• Relaciones de luminancia IES
	• Reproducción cromática	• Valores CRI IES	• Valores CRI IES
	• Códigos	• Requisitos de código que afectan la iluminación	• Requisitos de código que afectan la iluminación
	• LPD	• ASHRAE/IES 90.1 u otros valores obligatorios	• ASHRAE/IES 90.1 u otros valores obligatorios
	• Certificación Verde	• LEED u otro sistema de clasificación	• LEED u otro sistema de clasificación

a. Estos elementos específicos deben verse influenciados por el diseño de iluminación. Incluso bajo la planificación convencional, pueden existir oportunidades para que la iluminación influya en algunos elementos del diseño. Por ejemplo, el inventario de iluminación natural debe incluir una evaluación de los diversos sitios bajo consideración para construcciones nuevas o existentes con respecto a las oportunidades de iluminación natural.

11.3.2.2 REALIZACIÓN DE UN INVENTARIO

Un inventario de lo que se sabe sobre el proyecto y sus usuarios establecerá antecedentes que guiarán mejor el diseño del proyecto. Son de interés dos inventarios: el del entorno de vida o de trabajo existente de los usuarios y el del estado de diseño del proyecto. Se puede lograr un inventario del entorno existente del cliente a través de estudios de campo que pueden incluir visitas al sitio, entrevistas e información del inventario arquitectónico realizado por el arquitecto. Se deben anotar las actividades espaciales y tareas visuales que se prevén en el proyecto bajo consideración. Se deben realizar mediciones puntuales de iluminancia. Se debe buscar la opinión del cliente sobre su visión del proyecto, las horas típicas de uso del espacio y el motivo de la realización del proyecto (por ejemplo, reducción, ampliación, mejor entorno para el trabajo, el entretenimiento o la vida). Una revisión de planos y especificaciones antiguos puede ofrecer información sobre la función y la estética previstas del diseño original. Identifique cualquier otro conocimiento sobre el proyecto, incluido el estado del presupuesto y el cronograma.

Se realiza un inventario del estado del diseño del proyecto revisando la documentación de diseño disponible. Esto podría consistir en un alcance de trabajo del proyecto o una solicitud de calificaciones (RFQ) de la cual se puede obtener información de diseño muy general, como el tamaño del proyecto, el costo estimado, los tipos de espacios involucrados y el nivel de calidad de acabado esperado. Si el proyecto es uno de los métodos de planificación convencionales, entonces es posible que ya se hayan documentado importantes trabajos de diseño arquitectónico, paisajístico y de interiores, que ofrecerán detalles sobre los acabados del espacio, las ventanas disponibles, las alturas de los techos y la extensión y el tipo de pasillos exteriores. Aunque el inventario puede generar volúmenes de información, el beneficio es la familiaridad con el cliente, el equipo de diseño y cualquier detalle que rodee el proyecto. Esta información debe utilizarse para establecer objetivos de diseño con otros miembros del equipo.

11.3.2.3 ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS DE DISEÑO

El diseñador es responsable de establecer objetivos de diseño. Algunos de ellos son analíticos mientras que otros son estéticos y más sobre la apariencia de espacios o áreas. Hay referencias disponibles que exploran los aspectos estéticos del diseño de iluminación [7, 8]. Los efectos de iluminación y los accesorios de iluminación influyen en la forma en que las personas perciben el espacio y viven o trabajan en ese espacio.

Los objetivos de diseño relacionados con los aspectos estéticos se clasifican en factores espaciales y factores psicológicos. Los relacionados con aspectos analíticos se clasifican en factores fisiológicos, factores de tarea y factores de sistemas. Se debe realizar una revisión de estos factores y establecer prioridades sobre cuáles ayudan mejor a abordar las necesidades y deseos identificados en el inventario. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. Los criterios y técnicas específicos son el resultado de esta revisión.

11.3.2.4 ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Dado que la iluminación afecta la arquitectura, los interiores y los sistemas mecánicos, se deben tomar decisiones deliberadas y colectivas lo antes posible sobre posibles estrategias de iluminación. En ocasiones, las estrategias de diseño se definen como parte del alcance del cliente. Por ejemplo, en las solicitudes de propuestas o en los alcances de los proyectos pueden aparecer “la iluminación natural es deseable” o, generalmente de manera más indirecta, “el edificio debe obtener la certificación LEED dorada”. Dependiendo del enfoque de planificación, el tipo de proyecto y las personalidades involucradas, un proyecto puede diseñarse desde adentro hacia afuera o desde afuera hacia adentro. Las estrategias de iluminación se desarrollan en consecuencia, impulsando el diseño general o respondiendo a él.

**Los edificios ecológicos con certificación LEED son mejores edificios.*

LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) es el sistema de calificación de edificios ecológicos más utilizado en el mundo. La certificación LEED proporciona un marco para edificios ecológicos saludables, altamente eficientes y que ahorran costos, que ofrecen beneficios ambientales, sociales y de gobernanza. La certificación LEED es un símbolo mundialmente reconocido de logro de sostenibilidad y está respaldada por toda una industria de organizaciones e individuos comprometidos que allanan el camino para la transformación del mercado.

ILUMINACIÓN NATURAL

Cuando la programación identifica la iluminación natural como la estrategia de iluminación más deseable, es necesario un trabajo temprano y agresivo. En las construcciones nuevas, se garantiza la iluminación natural integral cuando la ubicación, la orientación y la forma y geometría del edificio están influenciadas por el diseño de la iluminación natural. [9] Esto requiere un trabajo temprano de diseño de iluminación conceptual.

Recursos de objetivos de diseño de IESH/10e
> 12.2 Factores Espaciales
• para obtener información sobre el uso de la luz para definir el espacio
> 12.3 Factores Psicológicos
• para información sobre impresiones subjetivas
> 12.4 Factores Fisiológicos
• para obtener información sobre el ritmo circadiano
> 12.5 Factores de Tarea
• para información sobre iluminancia
> 12.6 Factores de Sistemas
• para obtener información sobre la integración de sistemas
> 12.7 Factores Prescritos
• para obtener información sobre los criterios mínimos requeridos

IESH/10e Recursos de Diseño de Iluminación
> 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA
> 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

El diseño holístico *de iluminación natural es la práctica de desarrollar la arquitectura, los interiores y la iluminación eléctrica, si es necesario, para maximizar el beneficio de la iluminación natural. La iluminación es una prioridad de diseño desde el inicio del proyecto.*

El diseño de iluminación natural condicional *es la práctica de aprovechar al máximo un sitio y unas condiciones arquitectónicas determinadas. El diseño de iluminación natural fraccionada es la práctica de implementar estrategias de iluminación natural de forma gradual demasiado tarde en el proyecto, donde se permite poco o ningún efecto en la arquitectura o los interiores. Como tal, este es también el enfoque de menor costo. Los resultados suelen ser cosméticos con pocos beneficios de energía, comodidad para el cliente o productividad. La iluminación arquitectónica de potencia normal es una referencia a la iluminación utilizada para fines que no son de emergencia. En otras palabras, la iluminación natural y eléctrica utilizada en los entornos de vida y de trabajo en situaciones normales. También se denomina comúnmente iluminación o iluminación arquitectónica y suele ser competencia del miembro del equipo al que se le asigna el rol de diseñador de iluminación.*

HVAC *es un acrónimo de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado.*
AV *es un acrónimo de Audiovisual. También se utiliza A/V.*

El tablero de imágenes *es una cartulina con una ingeniosa disposición de imágenes fotográficas o renderizados y hojas de producto y muestras de acabado que se utilizan para transmitir y buscar comentarios sobre un enfoque de diseño tentativo. Muchas veces se utiliza más de un tablero durante una presentación. También conocidos como tableros de presentación y paneles de estado de ánimo. Ver Figura 11.2.*



FIGURA 11.2 | PANELES DE IMÁGENES

En los paneles de imágenes se transmite información importante que influye en la iluminación. Las selecciones de materiales propuestas indican esquemas de color a partir de los cuales se pueden evaluar los valores de reflectancia de la superficie. A veces se incluyen imágenes de luminarias. Se pueden utilizar fotografías de otros proyectos para ilustrar el "aspecto" propuesto al cliente. » Imagen ©Jeff Von Hoene

LPD *es un acrónimo de densidad de potencia de iluminación. Normalmente se informa en W/sf o* W/ft^2*(vatios por pie cuadrado) o* W/m^2*(vatios por metro cuadrado).*

La distancia de proyección *se refiere a la distancia requerida para proyectar o proyectar la luz (tomada de la iluminación del teatro) para crear un efecto de acento. Para muchas situaciones de iluminación arquitectónica, se pueden considerar distancias de proyección cortas de hasta 10', las distancias moderadas son de 10' a 20' y las distancias largas son superiores a 20'. Diferentes fuentes, cuando están equipadas con distintas ópticas, presentan una variedad de proyecciones. Para distancias cortas, son comunes los halógenos/RLV, los CMH de bajo voltaje y los LED. Para lanzamientos moderados, los CMH y los LED son comunes. Para tiros largos, la CMH es común. Cuando se desea una iluminación suave y de área amplia de alcances cortos a moderados, las fuentes fluorescentes o LED combinadas con varias ópticas pueden ser exitosas.*

halogen$\boldsymbol{IR_{LV}}$ *se utiliza aquí y en los capítulos de aplicaciones como referencia para las lámparas halógenas infrarrojas de bajo voltaje. También están disponibles variedades de 120 V, a las que se hace referencia abreviadamente como halogen*IR_{LV}*. Consulte el Capítulo 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS y Capítulo 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN para obtener más información sobre estas lámparas.*

Cuando el diseño de una nueva construcción ya está avanzado antes del trabajo de diseño de iluminación, o cuando se trata de una construcción existente, la iluminación natural condicional requiere una colaboración aún mayor y concentrada entre el diseño de interiores, la arquitectura y la iluminación. [9] Las opiniones provincianas sobre la división del trabajo no respaldarán la colaboración y las estrategias avanzadas necesarias para lograr una iluminación natural exitosa en estas situaciones. Las ventanas, los tipos y transmitancias de acristalamiento, los estantes de luz, la geometría de techos y ventanas, las reflectancias de las superficies exteriores y de las habitaciones y las sombras estacionales exigen atención. Cuando la arquitectura y los interiores están casi terminados y luego comienza el diseño de iluminación, es probable que la iluminación natural fraccionada sea el alcance de la intervención de diseño. La implementación de iluminación natural se limita a estrategias que tienen un impacto bajo o nulo en la arquitectura y los interiores establecidos. [9]

ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

La iluminación natural, cualquiera que sea su disponibilidad, tiene sus límites. Si el proyecto en cuestión tiene componentes operativos durante las horas de oscuridad o está ubicado en un clima donde la iluminación natural es limitada o poco confiable, entonces también es necesaria la iluminación eléctrica para fines de iluminación arquitectónica de potencia normal. Se recomienda a quien sea el diseñador de iluminación del proyecto que, ante todo, considere la iluminación natural como el sistema de iluminación predeterminado para satisfacer las necesidades de iluminación del proyecto. La iluminación eléctrica es un complemento de la iluminación natural y se utiliza cuando y donde es necesaria.

El camino del diseño para cualquier iluminación eléctrica será mejor servido si también sigue el de la iluminación natural con una participación temprana y agresiva en el diseño y una colaboración concentrada entre los interiores, la arquitectura y la iluminación. La integración de la iluminación eléctrica con las estrategias de iluminación natural es necesaria para lograr todos los beneficios energéticos adaptando y controlando la iluminación eléctrica para responder a la luz natural. Además, la integración de sistemas relacionados, como sistemas automatizados de protección solar con iluminación eléctrica, puede producir diseños óptimos donde se minimiza el deslumbramiento y se maximiza el ahorro de energía. La integración de la iluminación eléctrica con otros sistemas también es fundamental para el éxito funcional y estético de la iluminación y de estos otros sistemas, como HVAC y AV. Aunque la responsabilidad de supervisar los efectos físicos de la integración de estos y otros sistemas no es responsabilidad del diseño de iluminación, la selección, el diseño, los efectos y el control del equipo de iluminación pueden verse influenciados.

11.3.2.5 ESQUEMAS DE ILUMINACIÓN

En la planificación convencional, la ubicación y la forma arquitectónica pueden estar completas incluso antes del SD. Independientemente de dónde se introduce la iluminación en la secuencia de diseño, es necesaria alguna evaluación preliminar del programa y su impacto en las estrategias de diseño de iluminación. Si la ubicación y la forma arquitectónicas aún son fluidas, la iluminación debería influir en ellas. Si la ubicación y la forma arquitectónica ya están completadas, entonces es necesario realizar una evaluación de la arquitectura y cualquier trabajo interior. Se ofrecen esquemas de diseño de iluminación preliminares para que el equipo los considere y reciba comentarios. Después de varias rondas de revisiones y alternativas, se propone a los clientes una dirección de diseño final tentativa. Se tienen en cuenta sus comentarios y se realizan revisiones en consecuencia. Cuanto más de esto se logre en rondas o presentaciones con el beneficio de las aportaciones de todos los miembros del equipo, incluidos los clientes, mejor será la síntesis del diseño para la iluminación y las otras disciplinas.

Durante SD y el desarrollo inicial del diseño, la mayoría de los clientes y miembros del equipo sienten curiosidad por saber cómo se verán estos esquemas. Este es un aspecto importante para convencer al cliente de la validez de los esquemas de diseño propuestos, pero existe una delgada línea entre “la apariencia” como dirección de diseño para evocar un tipo de estilo y simplemente copiar esquemas de diseño. El diseño debe derivar del programa. Rara vez un programa indica que el proyecto sea visualmente impresionante, que gane un premio o que sea una copia de tal o cual proyecto. Por eso, con precaución, se utiliza un tablero de imágenes para ilustrar estilos y estados de ánimo a un cliente o quizás simplemente el carácter del espacio y la luz, pero no un diseño terminado. Sin embargo, el equipo debe reconocer y transmitir las estipulaciones al cliente respecto a fotografías de otros proyectos. No se sabe qué criterios y prioridades impulsaron el diseño que se ve en las imágenes, especialmente si los miembros del equipo de diseño no formaban parte de ese proyecto en particular. Algunas fotografías pueden haber sido retocadas radicalmente o pueden exhibir una cantidad significativa de luz de relleno sin que el equipo lo sepa. Por lo tanto, estas imágenes pueden inducir a error al cliente a aprobar un esquema de iluminación inalcanzable.

11.3.3 DESARROLLO DEL DISEÑO (DD)

Una vez que se finaliza la dirección del diseño en SD y surge un esquema, varios pasos de diseño ocurren simultáneamente y deben influirse entre sí. Esto no es ni puede ser un proceso lineal de desarrollo del diseño; de lo contrario, no se tiene en cuenta un paso equivocado en la selección de luminarias o lámparas o un cambio en la dirección del diseño que puede ser el resultado de dudas del cliente, otras influencias del diseño, cambios de prioridades, o las consecuencias generales que siguen al trabajo simultáneo realizado por otras disciplinas. Además, la perspectiva y las prioridades propias del diseñador influirán en la cantidad de pasos involucrados y cuáles tienen prioridad sobre los demás. Entonces, lo que sigue no sigue ningún orden fijo. Esto no pretende resumir las obligaciones contractuales que deben ser coordinadas por el líder del proyecto o el cliente durante el desarrollo del alcance, la cadena de responsabilidades y la estructura del equipo y las negociaciones de honorarios.

Un primer paso en DD es la reconfirmación del SD. Se examinan las perspectivas de los miembros del equipo sobre qué efectos de iluminación son apropiados para respaldar los esquemas aceptados por el cliente. Actualmente se están realizando propuestas de selección de fuentes de luz y luminarias. Estos se influyen mutuamente. Un diseñador puede decidir que, dado un techo muy bajo, las luminarias de pequeña escala en el techo son una contribución importante para lograr una apariencia y sensación bien proporcionadas. Otro diseñador con una mentalidad y prioridades diferentes puede determinar que las lámparas fluorescentes lineales son las más apropiadas por una serie de razones de sostenibilidad. Ni está bien ni está mal. La idea es establecer un punto de partida basado en algún fundamento que se ajuste a la programación, planificación y prioridades del proyecto y comenzar a probar su viabilidad. Explorar imágenes adicionales, incluidas representaciones simples, con luminarias de pequeña escala para evaluar la estética del diseño, así como desarrollar algunos diseños de prueba e incluso cálculos para evaluar su integridad. Es decir, determinar si la selección cumple con los requisitos más técnicos del programa, como iluminancias, luminancias y LPD. Los cálculos, dependiendo del software utilizado, también ofrecen renderizados de estudio rápido para confirmar (o negar) la validez de la selección. Otro diseñador puede sentirse más cómodo revisando muestras de hardware y maquetas de estudio rápido en lugar de realizar cálculos en esta etapa. Otros diseñadores basarán sus selecciones y diseños en experiencias previas y pueden

desarrollar bocetos de mapas de luz, representaciones digitales y planos aproximados hechos a mano para ilustrar los efectos de iluminación. Todos estos enfoques de diseño conducen posteriormente a la selección de tipos de luminarias y lámparas con la expectativa de cumplir con los criterios de luminancia e iluminancia.

La Figura 11.3 ilustra parte del esfuerzo de desarrollo del diseño y el resultado final de un proyecto de iluminación de fachada. Una reunión con el arquitecto que le transmitió su visión y el programa de los propietarios estableció la base para un diseño esquemático que debía iluminar las características arquitectónicas de una manera que acentuara su carácter sin borrar los detalles, sin aplanar la dimensionalidad y con respeto para el medio ambiente (luego se aclaró qué significa "diseñar un sistema de iluminación eficiente digno de un hito comunitario"). Antes de cualquier representación por computadora, se realizaron visitas al sitio, se tomaron fotografías y se estudió la fachada por su carácter, acabado y cualidades materiales. La composición arquitectónica consta de un pedestal o base, una fachada y una corona. Se acordó desde el principio que los tres componentes merecían iluminación para proporcionar una representación completa del monumento por la noche. Los cálidos ladrillos y la piedra caliza exigen una reproducción cromática precisa y las distancias de proyección en la base y en el campo de la fachada requieren fuentes de largo alcance. Las distancias de tiro de la cornisa son moderadas mientras que los detalles son muy dimensionales. El acceso a la corona está limitado al disponible en ascensor. Estos datos (obtenidos del programa, diseño esquemático y la primera etapa de DD)

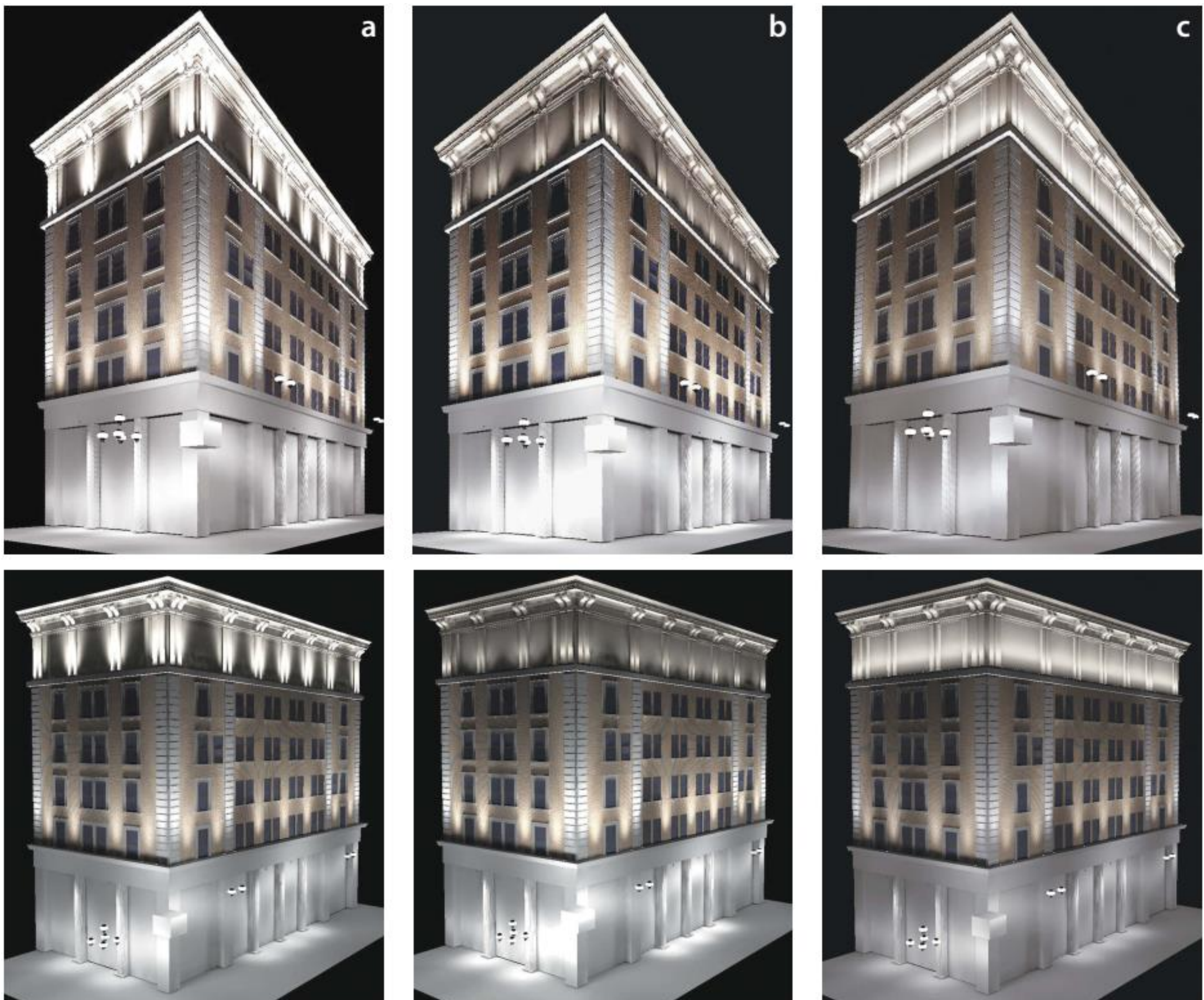


FIGURA 11.3 | DESARROLLO DEL DISEÑO

Durante la fase de desarrollo del diseño para la iluminación exterior de un edificio urbano existente, se realizaron una serie de vistas en AGi32 (Programa de iluminación) de varias opciones de iluminación, todas esencialmente el mismo esquema que consiste en:

1) iluminar pilastras y columnas en la base del edificio,
2) iluminación de quoins (Reinas) y pilares en la fachada principal, y
3) iluminación de la cornisa o coronación del edificio.

Las imágenes apiladas del lado derecho (a) representan downlights (Luz-Abajo) de inundación CMH 20W/T4.5 en la base del edificio con luces ascendentes CMH 39W/PAR20/NFL en quoins y pilares de la fachada principal y en la cornisa superior. Las imágenes apiladas en el medio (b) representan luces de cornisa cambiadas a luces LED de alto rendimiento en pilastras de cornisa. Las imágenes apiladas de la tercera derecha (c) representan una iluminación LED continua en la cornisa. Se recomendó el concepto ilustrado en (c). La suavidad de la iluminación continua de la cornisa se consideró más apropiada para la cornisa restaurada. El LED prometía ciclos de mantenimiento más largos debido a la vida útil muy larga de la lámpara afirmada por los fabricantes de LED, así como a un mejor control de la luz (la óptica es una distribución de inundación lineal estrecha para concentrar la luz en la cornisa y eliminar la dispersión de la luz). Se revisaron maquetas de campo para confirmar CRI, CCT, intensidad y dispersión del haz y revisar la escala del hardware.
11.3d muestra una maqueta con algunas muestras de iluminación. La maqueta se realizó antes de la construcción de la cornisa.
11.3e muestra el proyecto terminado. Durante la instalación, los uplights (Luz-Arriba) CMH se equiparon con snoots antideslumbrantes y se inclinaron hacia la fachada para controlar la luz dispersa. Los downlights de la base del edificio estaban equipados con snoots completos para controlar el deslumbramiento y la dispersión de la luz. La iluminación se apaga debido al toque de queda nocturno.
» Representaciones ©GarySteffyLightingDesign
» Imagen de maqueta ©GarySteffyLightingDesign
» Imagen profesional ©2010 Gene Meadows


Snoots (Pantalla antideslumbrante)





***CMH** se utiliza aquí y en los capítulos de aplicaciones como referencia abreviada para las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos. Ver Capítulo 71 FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS y Capítulo 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN para obtener más información sobre estas lámparas.*

***LED** se utiliza aquí y en los capítulos de aplicaciones como referencia abreviada para las lámparas de diodos emisores de luz. Ver Capítulo 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS y Capítulo 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN para obtener más información sobre estas lámparas.*

Se sugirieron que se consideren las lámparas CMH por sus capacidades de proyección larga y media, su reproducción cromática (80+) y CCT (3000 K) y su vida útil relativamente larga. Los LED eran de interés para iluminar la cornisa en modo discontinuo o de acento o en modo de cala continua, ya que se informó que tenían una vida útil de 50.000 horas con una salida de luz del 70%. Los renders mostraron que CMH era una buena opción para iluminar el zócalo y la fachada, pero demasiado brillante para la cornisa. Un LED continuo en la cornisa parecía equilibrarse adecuadamente con la fachada y la base. Esto proporcionó suficiente confianza para conseguir algunas muestras para la maqueta.

La fase inicial de DD consta de una serie de ejercicios con el fin de documentar un diseño de iluminación propuesto. Los ejercicios incluyen visualización y determinación de fuentes de luz, luminarias, controles y detalles. La visualización se realiza con bocetos, representaciones, modelos y maquetas y da como resultado la determinación de lámparas, luminarias, esquemas de control y conceptos de detalle.

La última fase de DD consiste en la cuantificación y documentación preliminar. La cuantificación incluye cálculos, maquetas y mediciones. La documentación varía significativamente dependiendo de las obligaciones contractuales del cliente o equipo sobre los entregables, el cronograma y el grado de estimación deseado.

En algunos proyectos, los documentos DD para iluminación deben ser un paquete completo y casi terminado. Aquí, los planos de iluminación interior y exterior muestran todas las luminarias y los diagramas de circuito de control, y los planos eléctricos se coordinan para mostrar los dispositivos de control, desde interruptores y atenuadores de pared y ajustes preestablecidos hasta sensores de ocupación/vacancia y fotocélulas integradas con zonas de iluminación natural. Cuando el diseñador de iluminación y el ingeniero eléctrico son la misma persona, toda esta información se muestra en un conjunto de documentos DD. Los planos arquitectónicos del techo reflejados muestran iluminación, difusores HVAC, rociadores, parlantes, cámaras, proyectores y otros dispositivos montados en el techo. Las especificaciones de iluminación preliminares muestran hojas de catálogo junto con números de catálogo o programas de luminarias que se agregan a los planos DD para ayudar en la estimación. Es posible que se necesiten folletos de iluminación, representaciones y fotografías de instalación para transmitir el diseño a los clientes, estimadores y otros miembros del equipo. Es posible que se requiera una profundidad y amplitud de material similar para los controles. Cuando el rol de diseñador de iluminación lo desempeña alguien que no sea el ingeniero eléctrico, es necesaria la coordinación de los dispositivos de control, las capacidades del sistema y el rendimiento esperado para que el ingeniero eléctrico pueda desarrollar la documentación DD relacionada. Un conjunto completo de cálculos de iluminación está disponible para su revisión y archivo.

Cuando la fase de DD tiene un ritmo más deliberado y a los CD se les asigna suficiente tiempo y honorarios apropiados para finalizar el diseño y completar la documentación después de la revisión formal del cliente, la documentación incluye diseños propuestos generalmente viñeteando planos de techos reflejados (RCP) arquitectónicos o interiores y planos de paisaje. Las viñetas incluyen bucles de control para ilustrar cómo se zonifican las luminarias y se coordina la iluminación natural propuesta. Las hojas de luminarias identifican el equipo propuesto. Se utilizan renderizados y cálculos de soporte seleccionados para varias áreas, pero no todas, para ayudar a justificar los diseños propuestos. Según sea necesario para transmitir el diseño, se desarrollan bocetos preliminares de elevación, sección y detalle. Una especificación general y los planos viñeteados sirven como base para pasar a los documentos de construcción.

En cualquiera de estos escenarios de documentación de DD, el nivel de detalle y relevancia de los planos eléctricos y de iluminación depende de los antecedentes arquitectónicos (también conocidos simplemente como fondos). El estado de terminación de los fondos incide directamente en el estado de iluminación y terminación eléctrica. La entrega de estos fondos afecta el tiempo disponible para abordar los planos eléctricos lo que a su vez afecta el tiempo disponible para abordar los planos eléctricos. Independientemente de qué miembro del equipo desempeñe el papel de diseñador de iluminación, un efecto dominó de finalización y puntualidad comienza con los fondos. La entrega y el estado de integridad de los antecedentes deben discutirse y coordinarse con el equipo con mucha antelación.

Los costos (primer ciclo y ciclo de vida) suelen ser una parte continua de DD para probar continuamente las propuestas de diseño y las mejoras con respecto a un presupuesto o para ayudar a establecer un presupuesto. Cuando la documentación de DD se acerca a la calidad del documento de contrato, estos presupuestos probablemente estén más cerca de la realidad que cuando la documentación de DD consiste en planes viñeteados y especificaciones generales. A lo largo del esfuerzo de diseño, independientemente de la fase de trabajo, hay una serie de reuniones y presentaciones de diseño. Dependiendo del tamaño y alcance del proyecto, estas pueden ser reuniones importantes en persona con todo el equipo de diseño y el cliente presentes o pueden ser intercambios web, teleconferencias o llamadas telefónicas de varias personas. Estos deberían ser hitos que marquen el progreso del trabajo y establezcan una dirección de diseño nueva o revisada o la aprobación de los esquemas de diseño presentados. Al final del DD o al comienzo de los documentos de construcción, es importante celebrar una reunión para identificar el estado del diseño (por ejemplo, "todo está bien y seguir adelante" o "las revisiones están en orden" o "comenzar de nuevo").

11.3.4 DOCUMENTOS CONTRACTUALES (CD)

Aunque gran parte del trabajo de diseño puede estar completado al comienzo de los CD, queda mucho trabajo por hacer. Durante los primeros CD, es probable que se realice algún refinamiento en el diseño. Generalmente hay tiempo para perfeccionar las selecciones de lámparas y potencias y finalizar los esquemas de control. Por ejemplo, esto es el tiempo para finalizar qué áreas cerca de las ventanas perimetrales están en control de fotocélula si la función de control es de atenuación continua o de atenuación escalonada. Pero en los CD el tiempo apremia. El trabajo, además de refinar cualquier elemento sobresaliente del diseño de iluminación, incluye diseños de iluminación (RCP de acabado, planos de iluminación exterior), detalles, elevaciones, secciones, diagramas de zonas de control de iluminación para transmitir cómo se controlarán las luces y el cronograma de luminarias o Especificaciones que citan los atributos destacados y números de catálogo de las luminarias y lámparas, balastos y otros dispositivos necesarios para la adquisición, instalación y operación del sistema de iluminación.

Los protocolos para el uso de software de documentación y dibujos de diseño e ingeniería para documentar el diseño de iluminación deben coordinarse con el equipo de diseño. Para la iluminación interior, es común y esperado ilustrar luminarias en un RCP. Pueden surgir problemas con la documentación de luminarias que no son de techo, incluidos apliques de pared, luces de paso, pasamanos iluminados, luces de piso, luces de trabajo (tipos independientes o integrados arquitectónicamente) y detalles de iluminación. Estas luminarias deberán mostrarse de forma que resulten evidentes para los postores y el contratista instalador.

El modelado de información de construcción, o BIM, puede ser parte de la fase de CD según el alcance del proyecto y la producción de CAD. BIM permite mejor la coordinación e integración de sistemas antes de la construcción mediante el uso de modelado 3D. Algunos programas ofrecen detección de conflictos mediante las cuales simulaciones por computadora de los distintos sistemas del edificio pueden alertar al equipo de diseño sobre conflictos en el sistema.

***RCP** es una referencia al plano arquitectónico del techo reflejado. El equipo de diseño debe acordar la definición de un RCP para el proyecto determinado. Normalmente, un RCP es un dibujo del techo y de todos los dispositivos que se encuentran dentro y sobre él, vistos reflejados desde un espejo colocado a cierta altura por debajo del plano del techo. Este espejo crea un plano reflejado cuando se "mira" desde arriba del techo.*

11.3.5 ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN (CA)

Cuando se completan los CD, se liberan para la licitación y la construcción. Las tareas de diseño de iluminación durante esta fase son paralelas a las experimentadas por otros miembros del equipo de diseño. Pueden surgir preguntas durante la licitación que requieran respuestas del diseñador de iluminación. Esta es una oportunidad para aclarar los detalles de iluminación para los contratistas. Dependiendo del tamaño y alcance del proyecto, puede pasar algún tiempo hasta que comiencen los trabajos de diseño de iluminación. En proyectos grandes, puede ser necesario trabajar en adiciones o revisiones de diseño a medida que se resuelven los cambios de último momento en los CD.

La revisión de los planos de taller es una tarea significativa en importancia y quizás en consumo de tiempo, dependiendo del tamaño y alcance del proyecto. Los proyectos grandes y las luminarias personalizadas exigirán tiempo y cuidado al revisar los planos de taller, que son los dibujos, generalmente hojas de datos de catálogo o CAD que ilustran las luminarias específicas que el contratista pretende adquirir e instalar. El diseñador compara estos planos de taller con las especificaciones de iluminación entregadas en los CD, observa cualquier discrepancia e indica su aprobación o rechazo.

A lo largo de la construcción, pueden surgir condiciones de campo que requieran revisión por parte del diseñador de iluminación. Las condiciones más graves pueden requerir visitas al sitio. Cerca del final de la construcción, se le puede pedir al miembro del equipo asignado el rol de diseñador de iluminación que apoye al arquitecto con la lista de tareas pendientes. Este es también el momento de observar a los contratistas en el manejo de luminarias ajustables y la programación de controles. Se confirma que las luminarias están limpias e instaladas niveladas y aplomadas sin fugas de luz. Se verifica que las luminarias tengan lámparas, balastos o controladores correctos y, cuando se especifique, que los

accesorios, como filtros de color, lentes extendidos y rejillas, sean correctos. Se debe confirmar que el contratista ha entregado la documentación de construcción, incluidos los planos de construcción, los manuales de operación y mantenimiento asociados con las luminarias y los controles, y ha brindado sesiones de capacitación para los controles para el cliente.

La puesta en servicio puede involucrar al diseñador de iluminación dependiendo del tamaño y alcance del proyecto y del alcance de la puesta en servicio necesaria de los dispositivos de iluminación. Es posible que el diseñador de iluminación deba ayudar a definir las expectativas de puesta en servicio y ayudar a identificar los contactos de inicio de fábrica para equipos programables e interactivos relacionados con la iluminación.

***La lista de tareas** pendientes para la iluminación incluye la confirmación de que lo indicado en los planos del taller fue, de hecho, instalado, incluidas las lámparas, balastos, fuentes de alimentación y controladores adecuados. Esto también incluye la observación durante el apuntamiento final de las luces y la programación del sistema de control. Cuanto más claramente se definan algunas de estas tareas en las especificaciones y planos, menos observación será necesaria.*

11.3.6 PUESTO DE OCUPACIÓN

Algunos alcances de proyectos requieren una revisión de puesto de ocupación. La ocupación de puestos también podría ser un proyecto independiente. En este caso, el equipo de diseño puede participar o consultores independientes (investigadores o diseñadores) pueden ocupar el puesto. Estos pueden adoptar varias formas. Una sola evaluación varios meses después de la ocupación inicial, varias evaluaciones se realizaron varios meses después de la ocupación y después de la primera evaluación. Periódicamente, un proyecto puede someterse a una evaluación integral para explorar el desempeño de muchos o todos los sistemas, los costos operativos y el desempeño de los ocupantes. Estas evaluaciones ayudan a establecer una línea de base de desempeño que se comparará con las predicciones de diseño. Muchas de estas evaluaciones han sido realizadas por investigadores independientes. [10, 11, 12, 13, 14] Los investigadores suelen tener acceso a instrumentos capaces de recopilar una cantidad y amplitud significativas de datos sobre el rendimiento de los edificios y la capacidad de asimilar y estudiar los datos, manteniendo al mismo tiempo un papel independiente. Todo este proceso de diseño (Prediseño y Programación para CA y Post Ocupación) constituye el diseño de iluminación. A veces, sólo una parte de este proceso constituye el diseño de iluminación, según el tamaño y el alcance del proyecto. El mejor diseño de iluminación y los mejores esfuerzos de ingeniería de iluminación son en vano si no pueden asimilarse al proyecto general y no documentarse e implementarse adecuadamente como diseño de iluminación.

11.4 REFERENCIAS

[1] [DOE] US Department of Energy. 2001. DOE/GO-102001-1165. Greening Federal Facilities, 2nd Edition [Internet]. DOE. [cited May 2010]. Available from:http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/29267.pdf.

[2] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2009. IES PS-01-09, IES position statement: Integrated building design [Internet]. IESNA. [cited May 2010]. Available from: http://www.iesna.org/PDF/PositionStatements/PS-01-09.pdf.

[3] Page C. 1973. Lighting starts with daylight. Prog Archit. 54(4): 82-85.

[4] Cherry E, Petronis J. 2009. Architectural Programming [Internet]. [cited January 2010]. Available from: http://www.wbdg.org/design/dd_archprogramming.php.

[5] Lam WMC. 1977. Perception and lighting as formgivers for architecture. New York: McGraw-Hill. pp 87-88.

[6] Steffy G. 2008. Architectural lighting design. 3rd Edition, Hoboken: John Wiley & Sons. pp 39-59.

[7] Michel L. 1996. Visual perception and light. New York: Van Nostran Reinhold. pp 49-67.

[8] Steffy G. 2008. Architectural lighting design. 3rd Edition, Hoboken: John Wiley & Sons. pp 107-128.

[9] Steffy G. 2008. Architectural lighting design. 3rd Edition, Hoboken: John Wiley & Sons. pp 151-153.

[10] Block J editor. 1994. A&P Food Market. DELTA Portfolio Lighting Case Studies. Troy: Lighting Research Center.

[11] Hunter C, editor. 1996. Prudential Healthcare. DELTA Portfolio Lighting Case Studies. Troy: Lighting Research Center.

[12] Hunter C, editor. 1997. Sony Disc Manufacturing. DELTA Portfolio Lighting Case Studies. Troy: Lighting Research Center.

[13] Hunter C, editor. 1998. Mary McLeod Bethune Elementary School. DELTA Portfolio Lighting Case Studies. Troy: Lighting Research Center.

[14] Blair J, editor. 2001. Saratoga Medical Associates. DELTA Portfolio Lighting Case Studies. Troy: Lighting Research Center.


©Beth Singer Photographer, Inc.

12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

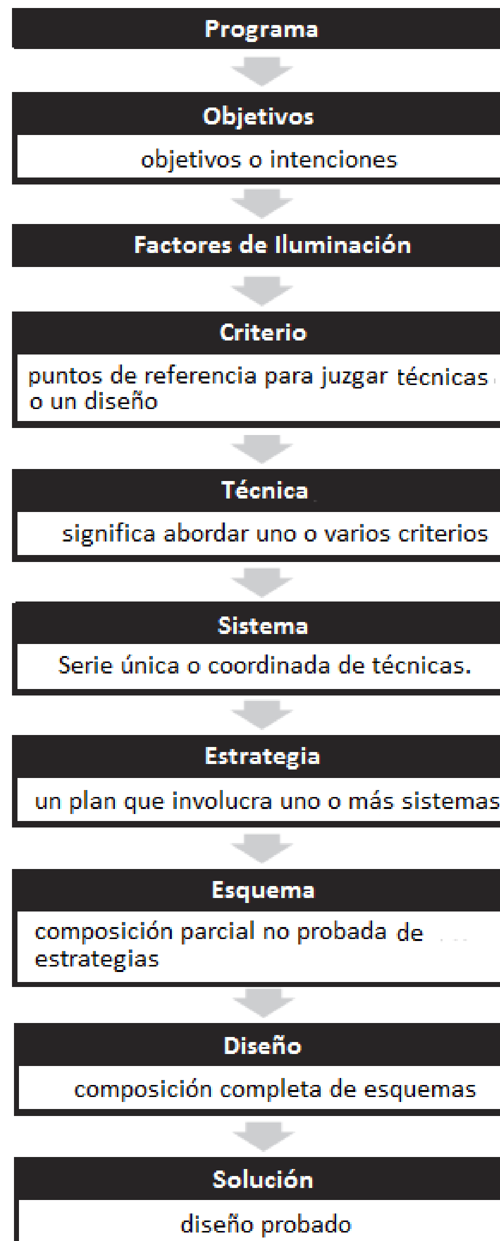
La ciencia es análisis espectral. El arte es síntesis de luz.

Karl Kraus, periodista austriaco del siglo XX

Contenido

Figura 12.1 | Flujo de diseño simple

Progresión demasiado simplificada del diseño de iluminación.



El diseño puede ser el resultado de una inspiración espontánea o de un esfuerzo que dura casi todo el proyecto. ¿Qué define el diseño? ¿Una solución que sea técnicamente competente o que tenga la apariencia “correcta”? ¿Es el aspecto de los efectos de iluminación o del equipo de iluminación o ambos? ¿Es la sensación del espacio o de las personas y cosas en el espacio? El diseño es todo eso. En ausencia de inspiración espontánea, una revisión deliberada de una variedad de factores de diseño de iluminación puede ayudar a establecer un diseño. Cuando la inspiración siembra una visión de diseño, una revisión de los factores de diseño de iluminación, por breve que sea, puede solidificar un diseño. Lo que sigue ayudará al miembro del equipo que desempeña el rol de diseñador de iluminación a evaluar y documentar diversos

aspectos analíticos y estéticos de la iluminación. Este material supone cierta experiencia del lector, incluida la familiaridad con la sección MARCO PARA ILUMINACIÓN de este manual y 11 | DISENO DE ILUMINACION.

12.1 FACTORES DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Los componentes clave del diseño de iluminación se presentan aquí como factores. Una revisión y priorización de estos diversos factores para un proyecto determinado da como resultado un programa de criterios y una colección de técnicas que luego pueden ayudar a desarrollar un diseño. Algunos factores son subjetivos mientras que otros son objetivos. Algunos de los factores objetivos, como los relacionados con la energía y los niveles de luz del código o las iluminancias, son requisitos. La mayoría de los factores son electivos y el diseñador debe revisarlos, seleccionarlos y aplicarlos cuidadosamente para abordar el alcance y el programa del proyecto. Este capítulo presenta primero los factores electivos y al final los factores prescritos y requeridos. Es posible que algunos diseñadores prefieran identificar primero los factores prescritos y requeridos. En cualquier caso, se deben considerar todos los factores del diseño de iluminación y, según sea necesario, abordarlos en cada proyecto. Un diseño completo se caracteriza por cierto grado de inspiración, una revisión decidida de los factores del diseño de iluminación, pruebas y errores virtuales y la exploración de ideas con otros miembros del equipo. Los métodos adoptados aquí son una guía para ayudar en el diagrama de flujo de diseño que se muestra en la Figura 12.1. Por sí mismos, estos métodos no conducirán necesariamente a una solución de diseño completa o satisfactoria.

Este capítulo identifica factores importantes que deberían o deben dar forma a los diseños de iluminación: espaciales, psicológicos, fisiológicos, tareas, sistemas y prescritos. Para algunos, un diseño puede surgir rápidamente y en las primeras etapas de un proyecto. Para la mayoría, el diseño llevará algún tiempo, generalmente durante el transcurso del Diseño esquemático (SD) y el Desarrollo del diseño (DD).

12.1.1 CONTEXTO DEL PROCESO DE DISEÑO

Los factores de diseño de iluminación pueden comprender una parte del diseño esquemático y una cantidad significativa del esfuerzo de desarrollo del diseño. Después de la programación, el diseñador suele tener suficiente información para revisar los factores de diseño de iluminación, establecer su idoneidad para el proyecto, determinar prioridades y criterios y proponer técnicas de iluminación.

12.1.2 TÉCNICAS DE DISEÑO

Una solución de diseño de iluminación consistirá en última instancia en una serie de técnicas de iluminación impulsadas por varios factores de diseño de iluminación. Por ejemplo, si la escala de la luminaria se considera importante porque los techos son bajos o los espacios son físicamente pequeños (ver Tabla 12.1 a | Factores espaciales: Primera parte, Agrado/Luminarias/Escala), una técnica de iluminación que emerge es el uso de luminarias de pequeña apertura. Si la sensación de amplitud también se considera importante (ver Tabla 12.2 | Impresiones del sujeto, Amplitud), entonces otra técnica de iluminación que surgirá es el uso de iluminación de pared. Estas dos técnicas se combinan en una única técnica de iluminación de luminarias de pequeña apertura para bañar una pared o paredes. Se justifica una mayor deliberación para refinar el tamaño de apertura de la luminaria. La definición de pequeño es relativa. Si la altura del techo es inferior a 10’, entonces podría decirse que es pequeño un equipo con su dimensión más pequeña de 2” a 6”. Sin embargo, si la altura del techo es mayor a 10’, entonces pequeño es el equipo con la dimensión más pequeña de 6” a 8” o más. Una revisión en contexto, ya sea con renderizados, bocetos rápidos o un estudio de las instalaciones existentes cercanas, puede ayudar a dicha evaluación. El alcance de estas evaluaciones, aunque parezcan interminables o al menos requieran mucho tiempo, son una parte importante para establecer un diseño de iluminación adecuado. A medida que

se revisan los factores del diseño de iluminación, surgen una serie de técnicas de iluminación que, en conjunto, pueden formar una estrategia de diseño. Puede ser necesario influir en el diseño arquitectónico para implementar algunas técnicas. Todo esto, sin embargo, normalmente se hace en el contexto del estilo arquitectónico general. Los estilos de diseño modernos, posmodernos, tradicionales, deconstructivos o cualquier otro estilo influirán en las decisiones de iluminación. Todos estos están entrelazados y exigen un grado de coordinación y colaboración entre el equipo de diseño. La figura 12.2 ilustra una técnica de iluminación de una pared con luminarias de pequeña escala.

La iluminancia *es esencialmente una medida o predicción de la cantidad de luz que incide sobre una superficie u objeto. La iluminancia depende de la óptica de la fuente de luz y de su distancia a la superficie u objeto que se ilumina. Definido por la métrica lux o pies-candelas. Consulte 5.6.1 Iluminancia.*

La luminancia *es esencialmente una medida o predicción de la cantidad de luz reflejada desde una superficie u objeto o transmitida a través de una superficie u objeto translúcido o transparente. La luminancia depende de la cantidad de luz que incide sobre la superficie u objeto y del valor de reflectancia de la luz (LRV) o del valor de transmitancia de la luz (T_{vis} para la transmitancia de radiación visible) de la superficie u objeto. Definido por la métrica cd/m^2 o cd/ft^2. Ver 5.7.1 Luminancia.*

La limitación fotográfica *es el grado en que se transmite la realidad en una fotografía. Las cámaras capturan una gama limitada de brillos y los muestran mediante los métodos de reproducción del papel y las pantallas de computadora. Los fotógrafos de imágenes analógicas y digitales pueden manipular, y a menudo lo hacen, las imágenes en un esfuerzo por satisfacer sus percepciones de luz y color de la escena fotográfica. Algunos fotógrafos utilizan luz de relleno para hacer que las áreas oscuras parezcan más brillantes. Otras fotografías se han modificado para evitar la infracción de los derechos de autor de las obras de arte. La autenticidad y exactitud de las escenas ilustradas en algunas de las fotografías de este manual no pueden certificarse fácilmente. Sin embargo, estas fotografías ilustran efectivamente las técnicas de iluminación discutidas. Una vista en vivo de una escena de interés es la única garantía de que no habrá manipulación.*

12.2 FACTORES ESPACIALES

Los factores espaciales son aquellos relacionados con la naturaleza tridimensional y bidimensional del diseño y la envolvente arquitectónica. Los efectos de iluminación, el hardware y los diseños pueden reforzar, restar valor o mantener la neutralidad en la arquitectura, los interiores y la planificación del espacio. El agrado, la definición espacial y la circulación se denominan factores espaciales ya que afectan la percepción y el uso del espacio construido por parte de las personas. [1] En las Tablas 12.1a y 12.1b, se hacen presentaciones muy breves de estos factores con medios de diseño relevantes identificados junto con rasgos de interés, criterios y técnicas a considerar. Estas tablas se pueden utilizar como listas de verificación. Para aquellos factores que el diseñador prioriza como más importantes, las técnicas resultantes pueden recopilarse para discutirlas en equipo y contribuir a una estrategia de iluminación.

Otras influencias no citadas aquí pueden definirse o considerarse más apropiadas en función de los detalles de un proyecto o de la experiencia de los diseñadores. El siguiente material y las discusiones sobre diseño en este manual deben considerarse indicativos, ya que gran parte se basa en tendencias anecdóticas, investigaciones limitadas o alguna influencia de los fundamentos o reglas de la Sección MARCO PARA LA ILUMINACIÓN. Algunas orientaciones son poco más que puntos de conversación para reflexionar y discutir más con el equipo de diseño para avanzar en el diseño de iluminación.

12.2.1 Agrado

El agrado se basa en que las personas vivan o trabajen de forma más satisfactoria o durante más tiempo en entornos que se consideran agradables. El tamaño, la forma, la configuración y la distribución de la luz natural y las luminarias pueden ser importantes. La importancia de la escala bidimensional y la forma tridimensional de la luz natural debería llevar al equipo a pensar en los tamaños de ventanas y tragaluces en relación con la arquitectura. Entonces, según las dimensiones y proporciones de una pared o techo determinado y la proximidad de la superficie a las personas, ¿qué tamaño de ventanas o tragaluces se verán apropiados y darán como resultado una sensación de comodidad? ¿Cómo se comparan estos tamaños con las asignaciones del código de energía? Luego se pueden probar una variedad de tamaños y formas en los cálculos para evaluar las iluminancias y luminancias de la luz diurna y, simultáneamente, las implicaciones en HVAC. Las Figuras 12.3 y 12.4 ilustran los efectos de la escala de entrega de luz natural y los aspectos temporales de las luminancias cuando estos se abordan como parte del problema de diseño. Las Figuras 12.5 y 12.6 ilustran los resultados que se pueden lograr cuando se consideran los diseños, patrones y ritmos de las luminarias, así como el orden visual y los criterios de atractivo. En estas y otras fotografías del manual existe una limitación fotográfica a la hora de ilustrar instalaciones de iluminación.

FIGURA 12.2 | TÉCNICA DE ILUMINACIÓN

Múltiples factores de diseño arquitectónico y de iluminación guiaron esta solución de iluminación. El techo relativamente bajo (9'6") y el ancho estrecho junto con la prominencia de este corredor (que va desde el vestíbulo a la sala de reuniones) impulsó al equipo a abordar la cuestión de lo agradable/ luminarias/escala en la Tabla 12.1a e impresiones subjetivas/espacio en la Tabla 12.2. El diseño curvilíneo del corredor se refuerza con un diseño curvilíneo de pequeñas luminarias. La colorida pared de vidrio translúcido exhibe una calidad textural reflectante que se caracteriza bien con la iluminación de pared. Esto se descubrió durante la revisión de muestras de vidrio con diversas técnicas de iluminación: la pared de vidrio divide el pasillo de una sala de reuniones adyacente (no mostrada), donde el bañado de pared en el pasillo produce un efecto de retroiluminación.

El efecto de bañador de pared se logra en la pared de vidrio con acentos ajustables de 3" de diámetro nominal iluminados con lámparas CMH de 20 W. Aunque la iluminación del piso es importante y debe abordarse, la solución de iluminación fue impulsada por factores espaciales y psicológicos y por los materiales arquitectónicos. Finalmente el suelo está iluminado satisfactoriamente. La especularidad de la pared de vidrio crea una situación clásica de ángulo de reflexión igual a ángulo de incidencia que, dada la anchura del pasillo y la separación geométrica de las luces desde la pared y su orientación. Los ángulos para iluminar mejor la pared dan como resultado una iluminación suficiente en el suelo. No es necesaria ninguna iluminación adicional para el plano del suelo. Si la iluminación del suelo hubiera conducido el diseño de iluminación únicamente a una serie de downlights centrados en el pasillo, el resultado habría sido una condición similar a una cueva con paredes oscuras y opacas.

» Imagen ©Beth Singer Photographer, Inc.



Nominal *en este sentido se utiliza como identificación general del tamaño, pero generalmente no representa el tamaño exacto. En este ejemplo, el acento ajustable tiene una apertura de apertura exacta de 2,9 pulgadas y un exterior general de diámetro exacto (borde de la brida de la moldura hasta el borde de la moldura) de 3,875 pulgadas.*

12.2.2 DEFINICIÓN ESPACIAL Y CIRCULACIÓN

Los equipos y efectos de iluminación pueden delinear o mejorar las configuraciones arquitectónicas y ayudar a definir el espacio y la circulación. La iluminación puede reforzar los planos, la geometría y las características arquitectónicas. La iluminación de dispositivos de planificación espacial, como paredes de altura parcial, divisores de espacio y objetos arquitectónicos, puede ayudar a definir zonas de actividad. Consulte la Tabla 12.1b. Las figuras 12.7 a 12.10 demuestran la contribución de la iluminación a la definición y circulación espacial. Los planos arquitectónicos iluminados animan o definen los límites del espacio y sirven como reflectores para distribuir la luz en las áreas en las que se emplean estas técnicas. La iluminación plana es especialmente útil en entornos donde la iluminancia ambiental en pisos o planos de trabajo es baja, tal vez ≤100 lx, pero la prominencia del espacio o la duración de la ocupación anticipada es alta. Las intersecciones planas se articulan en sí mismas de manera más enfática con la luz.

Las definiciones de bordes ayudan a los usuarios a comprender los cambios en la orientación del plano e identificar la extensión de los límites arquitectónicos a medida que se resaltan las uniones techo-pared o pared-piso.

Cuadro 12.1a / Factores Espaciales: Parte uno

Factor	Medios de Diseño	Rasgos de Interés	Criterio	Técnicas a Considerar[a]
Agrado	Reparto de Luz Diurna	• Vista	• Definir vista	• Proporcionar una línea de visión clara hasta el horizonte
				• Proporcionar una visión clara del paisaje.
		• Escala		
		» 2-dimensional	• Definir ajuste	❶ • Relacionar las dimensiones de los medios con la arquitectura o la escala de personas.
		• Forma		
		» 3-dimensiones	• Definir volumen	❷ • Forma para permitir la visión y controlar el deslumbramiento
		• Disposición	(ver 14 / DISEÑO DE LUZ DIURNA)	
		» Orientación	• Cobertura de luz diurna	• Optimizar la distribución y el área de cobertura.
			• Control de deslumbramiento	• Brise soleils, voladizos, cortinas automatizadas
		» Relación(es)	• Arquitectura	• Se relacionan con paredes, techos, cornisas, módulos/tamaños arquitectónicos.
				• Planifique en 3D para evitar efectos de iluminación extraños o intensos
			• Interiores	• Relacionar con zonas de actividad/planificación para interés visual/eficiencia
			• Paisaje	• Relacionar con la visión y el control del deslumbramiento durante los periodos de luz diurna.
		» Patrones	• Escala y frecuencia	• Relacionar con la arquitectura, las personas y otras técnicas de iluminación.
			• Funcionalidad vs. estética	• Abordar tareas/ubicaciones focales vs. arreglo atractivo
		» Ritmos	• Agrupaciones	• Relacionar con zonas de actividad/planificación para interés visual/eficiencia
			• Repeticiones	• Relacionar con la arquitectura, las personas y otras técnicas de iluminación.
		• Luminancias		
		» Patrones	• Definir orden visual	❸ • Establecer orden visual vs. ruido visual de los patrones de luz diurna
		» Magnitudes	• Definir confort visual	• Limitar el grado de deslumbramiento durante los períodos de luz del día.
			• Definir atractivo visual	❹ • Proporcionar alivio visual e interés durante los períodos de luz del día.
	Luminarias	• Escala		
		» 2-dimensiones	• Definir ajuste	• Relacionar las dimensiones con la escala de arquitectura y personas.
		• Forma		
		» 3-dimensiones	• Definir volumen	• Diseño de la forma para relacionarse con la arquitectura o la escala de personas.
		• Disposición		
		» Relación(es)	• Arquitectura	• Relacionar con paredes, techos, ensenadas, módulos/tamaños arquitectónicos.
				• Planificar en 3-D para evitar efectos de iluminación extraños o intensos.
			• Interiores	• Relacionar con zonas de actividad/planificación para interés/eticiencia visual.
		» Patrones	• Escala y frecuencia	• Relacionar con la arquitectura, las personas y otras técnicas de iluminación.
			• Funcionalidad vs. estética	❺ • Abordar tareas/ubicaciones focales vs. Disposición atractiva
		» Ritmos	• Agrupaciones	❻ • Relacionar con zonas de actividad/planificación para interés visual/eficiencia.
			• Repeticiones	• Relacionar con la arquitectura, las personas y otras técnicas de iluminación.
		• Luminancias		
		» Patrones	• Definir orden visual	❼ • Establecer orden visual vs. ruido visual de los efectos de iluminación
		» Magnitudes	• Definir confort visual	• Limitar el grado de deslumbramiento
			• Definir atractivo visual	❽ • Proporcionar alivio e interés visual

a. Las notas numeradas están relacionadas con las Figuras 123-12.6.

La visibilidad mejorada de una masa arquitectónica, es decir, un elemento de tamaño, diseño o color significativo, puede servir como punto focal o telón de fondo. Las características importantes identificadas por masa o frecuencia se resaltan con la luz. Iluminar características repetitivas es efectivo para establecer una señal focal o identificar mejor un área para una actividad específica, como lo ilustra la Figura 12.10. La orientación con luz implica patrones de luminancia o color para atraer la atención visual. El color se puede lograr con superficies coloreadas, luces coloreadas o ambas. Las luminancias relativamente altas o los colores saturados intensos en aplicaciones puntuales o de área atraen la atención visual. Estas técnicas se pueden utilizar para mejorar o establecer rutas de circulación o definir destinos.

FIGURA 12.3 | ESCALA DE MEDIOS DIURNOS

Las notas numeradas están relacionadas con la Tabla 12. 1a. La escala del lucernario en dos dimensiones (en planta) ① se basa en el vano arquitectónico definido por las columnas. En tres dimensiones② , la profundidad del lucernario aborda el control del deslumbramiento. El pozo escalonado es un refinamiento adicional de la escala, eliminando la forma de bloques de un pozo profundo de pared recta menos elegante y aprovechando al máximo un tragaluz relativamente pequeño, una forma de usar tragaluces de tamaño estándar pero logrando una apariencia personalizada y una vista proporcionalmente apropiada de la abertura en el techo. Esta extensión escalonada también reduce el fuerte contraste entre el plano del techo relativamente oscuro (porque no está iluminado) y el cielo exterior brillante que es común en los tragaluces poco profundos o sin pozo.
» Imagen ©Rodney Hyett; Elizabeth Whiting y asociados/Corbis



FIGURA 12.4 | LUMINANCIAS DE LUZ DIURNA

Las notas numeradas corresponden a la Tabla 12.1a. Los patrones de luminancia de las paredes ③ son atractivos y tienen sentido visual (lo que permite una fácil identificación de la orientación solar y la hora del día). La orientación, la trayectoria del sol y la transmitancia del tragaluz y la disposición regular de elementos estructurales se combinan para lograr orden visual e interés a lo largo del tiempo ④. Los tragaluces empleados en estas situaciones (residencial, hospitalidad, salón, área de espera) y en orientaciones donde los patrones de sol sólo caen sobre superficies de paredes o zonas confinadas evitan la molestia del deslumbramiento directo y el cambio temporal de patrones en áreas ocupadas para sentarse/trabajar.
» Imagen ©Rodney Hyett; Elizabeth Whiting y asociados/Corbis



FIGURA 12.5 | DISEÑO DE LUMINARIAS

Las notas numeradas corresponden a la Tabla 12.1a. Las relaciones de diseño, los patrones y los ritmos contribuyen al enfoque de iluminación. Las zonas de planificación y actividad de la zona de espera están definidas por un conjunto de luces recogidas formadas por calas y downlights rectilíneos ⑤. Las áreas de asientos se abordan, con características suaves, con luces empotradas. ⑥ Las áreas de circulación de transición se abordan con iluminación de cala. Las agrupaciones y el ritmo de la planificación interior establecieron luego las agrupaciones y el ritmo de la iluminación.

» Imagen ©Adrian Wilson/Beateworks/Corbis



FIGURA 12.6 | LUMINANCIAS DE LUMINARIAS

Las notas numeradas corresponden a la Tabla 12.1a. El atractivo visual del vestíbulo de este hotel se debe, en parte, a los patrones de luminancia creados por los candelabros más convencionales que se ven en el fondo y yuxtapuestos con las luminarias empotradas en las paredes más singulares en primer plano. Los patrones de luminarias y efectos de iluminación ⑦ tienen sentido visual y refuerzan la circulación y los asientos del salón. La iluminación empotrada en la pared introduce un fuerte atractivo visual y se combina con acabados arquitectónicos para crear atractivo ⑧. Todas estas técnicas trabajan juntas para romper lo que podría ser la aplicación monótona de un único efecto o tratamiento de iluminación en toda el área. Otras técnicas resultantes de la revisión de los factores espaciales/agradables contribuyen al éxito de la solución de iluminación. Por ejemplo, las luces empotradas en la pared que están al alcance de los usuarios se escalan en consecuencia, según el entorno y el estilo arquitectónico. En este caso, las luces empotradas de pared más grandes y tan cerca de los usuarios pueden considerarse físicamente abrumadoras y molestas. La iluminación y las lentes de estas luminarias empotradas en la pared se seleccionan para evitar el deslumbramiento o la incomodidad visual.

» Imagen ©Mark Edward Atkinson/Blend Image/Corbis



Cuadro 12.1b / Factores Espaciales: Parte Dos

Factor	Medios de diseño	Rasgos de Interés	Criterio	Técnicas a Considerar[a]
Definición Espacial	Planos	• Luminancias		
		» Uniformidades	• Mejorar planos	❹ • Utilice un lava-pared frontal a través del plano o planos de su elección.
		» Patrones	• Acentuar texturas planas	• Utilice un lava-pared rasante en el plano o planos de su elección.
	Intersecciones planas	• Techo a techo • Techo a pared • Pared a pared • Pared a suelo	• Bordes articulados	❶ • Cambios de plano de acentuación a elección.
			• Yuxtaposiciones articuladas	❷❺ • Intersecciones de planos de acentuación
			• Estilo de diseño articulado	• Use efectos luminosos o luminarias para complementar el estilo
	Características de Diseño	• Superficie 2D	• Foco de atención	❻❼ • Acentuar una sola característica grande
		• Objeto 3D		• Acentuar múltiples características para lograr un efecto "masivo"
Circulación	Marcadores de Orientación	• Lumiancias		
		» Patrones	• Definir camino	• Acentuar elementos como pilares o nichos
		» Magnitudes	• Definir destino	❽ • Acentuar punto o área de destino
		• Color		
		» Patrones	• Definir camino	• Resaltar características coloridas, como obras de arte.
		» Magnitudes	• Definir destino	❸ • Resaltar o saturar color en el destino.

a. Las notas numeradas están relacionadas con las Figuras 12.7-12.10.

***La aproximación reflejada** significa aprovechar las cualidades reflectantes de la superficie o del objeto y utilizar técnicas de iluminación frontal. Los acabados en tonos más claros reflejan mucha luz y se pueden iluminar frontalmente con luces decorativas o de pared de potencia relativamente baja. Los acabados en tonos más oscuros reflejan poca luz, por lo que requieren luminarias decorativas o de pared de potencia relativamente alta.*

***El enfoque transmitido** significa aprovechar las cualidades transmisivas de la superficie o del objeto y utilizar técnicas de retroiluminación. Los materiales de alta transmisión, como el vidrio y los acrílicos transparentes, esmerilados o de colores pálidos, transmiten mucha luz y pueden iluminarse desde detrás con luminarias de potencia relativamente baja. Los vidrios y acrílicos turbios, de colores profundamente saturados o mayormente opacos transmiten poca luz, por lo que requieren luminarias de potencia relativamente alta.*

12.3 FACTORES PSICOLÓGICOS

La atracción y las impresiones subjetivas se clasifican como factores psicológicos y se basan en la iluminación que influye en la atracción visual y las impresiones o reacciones de las personas ante un entorno [2[[3] [4] [5]. Lo que sigue debe considerarse indicativo, ya que mucho se basa en tendencias anecdóticas, investigaciones limitadas o alguna influencia de los fundamentos o reglas de la Sección MARCO PARA LA ILUMINACIÓN. Algunas orientaciones son poco más que puntos de conversación para reflexionar y discutir con el equipo de diseño para avanzar en el diseño de iluminación.

12.3.1 ATRACCIÓN

Se puede utilizar el color o la luminancia para atraer visualmente. Las variables incluyen un enfoque reflejado versus transmitido, materiales coloreados iluminados con luz blanca, materiales coloreados iluminados con luz coloreada y colores y luminancias ambientales. El número de variables crece geométricamente al considerar la cantidad de colores disponibles tanto en acabados superficiales como en lámparas. Las maquetas son mejores para evaluar el potencial de atracción de un diseño propuesto.

Los enfoques reflejados y transmitidos son más poderosos cuando el color del material coincide con el color de la luz. La luz coloreada sobre superficies neutras reflectantes o transmisoras exhibe resultados más sutiles. Los medios para generar la luz coloreada afectan en gran medida el resultado. Muchos LED de colores emiten en bandas de longitud de onda muy estrechas y, por tanto, parecen muy saturados. Si se combinan con superficies reflectantes o transmisivas muy saturadas y espectralmente similares, el efecto de color es más intenso. Si los datos de reflectancia espectral, transmitancia y radiación estuvieran disponibles para las respectivas superficies y lámparas, sería fácil combinarlos y optimizar la energía. Cuando se utilizan superficies neutras reflectantes o transmisoras, los LED de colores u otras lámparas que muestren una buena saturación de color (por ejemplo, lámparas fluorescentes de colores y de cátodo frío o de neón) generalmente ofrecerán resultados satisfactorios. Las maquetas son mejores y más seguras que la comparación de datos o las representaciones basadas en datos, por completas que sean.

La Figura 12.2 ilustra el efecto de color de la luz blanca de lámparas CMH de 3000 K y 80 CRI sobre vidrio de color saturado. La Figura 12.9 ilustra el efecto de color de la luz blanca de lámparas de 3000 K y 80 CRI CMH y la iluminación general de fondo más allá de las lámparas de 3000 K y 85 CRI T8 sobre vidrio de color saturado similar al de la Figura 12.2. La figura 12.11a ilustra el efecto de color de lámparas fluorescentes azules en varias superficies. La Figura 12.11b ilustra el efecto de color de lámparas fluorescentes de colores con buena saturación de color (con funda roja en fábrica) que iluminan a contraluz una superficie transmisora acrílica de color saturado. A efectos de atracción, se necesitan relaciones de luminancia de al menos 3 a 1 (objeto-fondo) para que un objeto exhiba cierto grado de prominencia respecto de su fondo. Cuando se desea una señal focal distinta, es apropiada una relación de luminancia de al menos 10 a 1. Para puntos focales dominantes, se necesita una relación de luminancia cercana a 100 a 1. La Figura 12.1 la ilustra el efecto visual de un objeto focal (los paneles de cuentas de vidrio blanco) sobre el fondo (el marco de la pared de madera oscura) donde la relación de luminancia alcanza 70 a 1 por la noche. Se pueden establecer jerarquías de visualización considerando el efecto de varias luminancias o colores en un espacio. La Figura 12.11a ilustra las jerarquías de luminancia para componer un escenario.



Figura 12.7 | Intersecciones planas

Las notas numeradas están codificadas según la tabla 12.1b. La luz refuerza la elegante modernidad de las amplias formas arquitectónicas y el uso selectivo de colores llamativos. Cuando los planos del techo suben o bajan uno del otro, las ensenadas de luz diferencian estas intersecciones planas① . Las formas curvilíneas y angulares de color se refuerzan visualmente con ranuras de luz en la unión del techo y la pared de las formas ②. Estas formas de color iluminadas ayudan en la evaluación de la profundidad y la actividad del espacio y ayuda a atraer visualmente a los usuarios hacia el espacio③. En el contexto de la zona de asientos, la iluminación uniforme de las paredes establece un fondo cómodo contra el cual se facilita la observación y la conversación entre las personas④. Esta iluminación uniforme de las paredes también aumenta iluminación descendente y de cala en el área para modelado facial localizado de alta calidad: un aspecto importante de la conversación. » Imagen ©Elliott Kaufman/Beateworks/Corbis



Figura 12.8 | Intersecciones planas

Las notas numeradas están relacionadas con la Tabla 12.1b. La luz enfatiza las ondulaciones angulares de las paredes ⑤ y define fácilmente la extensión y la configuración del espacio para los usuarios, lo que resulta especialmente útil para quienes visitan hoteles por primera vez, por ejemplo. Esta configuración de luz funciona para "energizar" el espacio. En esta figura y en la Figura 12.7, los patrones de luz reflejados en los pisos pulidos añaden interés visual o ruido visual, dependiendo de la perspectiva del diseño y del público objetivo. Estos patrones pueden desorientar a los ocupantes mayores y con discapacidad visual y pueden tener la consecuencia no deseada de ralentizar el movimiento de la circulación. Con pisos pulidos, cualquier iluminación dentro o sobre las paredes y dentro o sobre los techos creará patrones de luz reflejados. » Imagen ©Fernando Alda/Corbis



Figura 12.9 | Figuras y planos

Las notas numeradas corresponden a la tabla 12.1b. La pared característica translúcida exhibe una profundidad significativa cuando se retroilumina (luz de fondo blanca, vidrio fundido y multicolor). La pared característica está completamente iluminada para servir como telón de fondo para el logotipo corporativo ⑥, que está acentuado en el frente y como punto focal de "bienvenida" del vestíbulo ⑦.

» Imagen ©Beth Singer Photographer, Inc.



Figura 12.10 | Orientación

Las notas numeradas están relacionadas con la Tabla 12.1b. El uso repetitivo de conjuntos de luces triples en los seis elementos arquitectónicos verticales ⑧ identifican esta área de recepción. Aunque la luminosidad de cada triple luz es relativamente tranquila (se trata de una recepción en un spa donde una iluminación brillante y dura sería inapropiada), su repetición identifica la importancia del destino. » Imagen ©Atlantide Phototravel/Corbis

La relación de luminancia *es la relación entre la luminancia de un objeto o superficie y la de su fondo o de otro objeto o superficie. Las proporciones mayores dan como resultado una diferencia visual más clara.*



FIGURA 12.11 A | ATRACCIÓN DE COLOR Y LUMINANCIA

El color y la luminancia se utilizan para atraer visualmente el área de registro en el vestíbulo de un hotel, visible desde una puerta tipo cochera a la derecha. La luz estática de colores en las ranuras empotradas en el techo y los paneles luminosos dinámicos crean la escena en azul al anochecer y durante la mañana. Los paneles de cuentas de vidrio detrás de la recepción están fuertemente iluminados para brindar una luminosidad significativa. Las capas de luminancias de las luminarias de mesa en la recepción y a lo largo del borde principal de la encimera de piedra de la recepción ayudan a definir y acentuar el carácter tridimensional del área de registro del vestíbulo. Consulte un resumen de las técnicas en la Tabla 12.1 b | Factores espaciales: segunda parte. » Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com



FIGURA 12.11 B | ATRACCIÓN DE COLOR

El color y la luminancia se utilizan para atraer visualmente el área de lectura distante desde el contexto de las estanterías de la biblioteca. Los paneles acrílicos translúcidos rojos están retroiluminados con lámparas fluorescentes con filtro rojo para lograr colores profundamente saturados. » Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

12.3.2 IMPRESIONES SUBJETIVAS

El diseño de la iluminación no debe limitarse a la utilidad, la tarea y las necesidades fisiológicas. De hecho, un diseño de iluminación verdaderamente funcional aborda factores cualitativos que afectan las actitudes, preferencias, bienestar y motivación de los usuarios. [6] [7] La forma en que las personas se sienten acerca de un espacio y reaccionan ante un entorno, en parte, parece estar relacionada con los llamados patrones de señales.

Los patrones de señales se clasifican según tres modos de iluminación: **ubicación** (con patrones de señales centrales o perimetrales), **uniformidad** (con patrones de señales uniformes o no uniformes) y **fuerza relativa** (con patrones de señales brillantes o tenues). Los patrones de señales son términos relativos no están cuantificados. Estos pueden ser generados por luz eléctrica o luz natural. **Perímetro** significa que los patrones de luz están en la periferia de los usuarios, comúnmente en el perímetro de un espacio, pero podrían estar al costado de un área para sentarse o de trabajo. **Central** significa que los patrones de luz están relacionados con el área central de la habitación. **Uniforme**, como se usa aquí, indica que los patrones de luz están dispuestos de manera consistente o regular. **No uniforme** significa que los patrones de luz se aplican de manera intermitente o irregular, pero no de manera completamente aleatoria o desordenada. Los patrones de luz no uniformes generalmente se relacionan con la materialidad de la superficie, los objetos y los puntos focales, como se muestra en las Figuras 12.12 y 12.13.

Las impresiones subjetivas afectadas por los tres modos de iluminación son **preferencia, privacidad, relajación, amplitud** y **claridad visual**. Cada una de estas impresiones está influenciada por una combinación distinta de modos de iluminación. Para cada una de estas impresiones subjetivas, la Tabla 12.2 identifica los modos de iluminación de apoyo en orden de influencia, implicaciones de diseño, técnicas a considerar y aplicaciones típicas. [3] [5] [8] Cualquiera de estas impresiones subjetivas pueden considerarse como importantes impresiones para un proyecto o tipo de espacio determinado. Las aplicaciones enumeradas no son exclusivas. Además, algunas de estas impresiones se logran mutuamente mediante el uso de múltiples modos de iluminación para abordar varias impresiones y cumplir con los criterios de iluminancia apropiados discutidos en 12.5.5 Iluminancia y los respectivos capítulos de aplicación. Al igual que otros componentes del diseño de iluminación, abordar las impresiones subjetivas es sólo una forma de establecer técnicas de iluminación a considerar en un proyecto. El uso de estas técnicas no garantiza una solución de iluminación exitosa.

12.3.2.1 PREFERENCIA

Las impresiones evaluativas de preferencia se promueven mediante la iluminación perimetral aplicada de manera no uniforme. Los efectos de iluminación más brillantes son útiles, pero no necesarios para provocar la impresión. Las impresiones de preferencias son apropiadas en muchos entornos. Ver Figura 12.12. Incluso en situaciones de oficina, se puede lograr preferencia por el entorno destacando alguna pared o arte.

12.3.2.2 PRIVACIDAD

En situaciones en las que se desea cierta sensación de privacidad visual, por ejemplo, en algunos restaurantes y algunos entornos de meditación, la iluminación puede ayudar. La privacidad se promueve mediante una iluminación no uniforme y se mejora aún más con una iluminación tenue en las proximidades de los usuarios. Algunos efectos de iluminación perimetral son útiles, pero no necesarios para provocar la impresión. Ver Figura 12.13.

12.3.2.3RELAJACIÓN

Las impresiones de relajación son más apropiadas en espacios informales, incluidas salas de reuniones, comedores y salones. La iluminación perimetral aplicada de manera no uniforme promueve una sensación de relajación. Los efectos de iluminación más tenue son útiles, pero no necesarios, para provocar esta impresión.

12.3.2.4 AMPLITUD

Cuando el espacio físico es limitado o en espacios de cualquier tamaño físico donde la reunión de personas crea espacios reducidos, la sensación de amplitud se puede promover con una iluminación uniforme en las paredes. Los efectos más brillantes son útiles, pero no necesarios para provocar la impresión. Esta técnica, ilustrada en la Figura 12.14, es apropiada en pasillos y vestíbulos de mucho tránsito, en áreas de espera y vestíbulos, en áreas de descanso en centros de convenciones y hoteles, o incluso en pequeñas salas de conferencias y oficinas. La amplitud se logra de manera más eficiente cuando las superficies de las paredes iluminadas eléctricamente exhiben al menos un 60% de reflectancia o, mejor aún, cuando se emplea luz natural independientemente de la reflectancia de la pared.

12.3.2.5 CLARIDAD VISUAL

La claridad visual se promueve mediante un modo de iluminación uniforme con techo y planos de trabajo brillantes. Un cierto énfasis en el perímetro es útil, pero no necesario para provocar la impresión. La claridad visual es apropiada para los espacios de trabajo. Ver Figura 12.15.

RECURSOS FISIOLÓGICOS DE IESH/10e

> 2 | VISION: EYE AND BRAIN
- for more on light's effects on the visual system

> 2.6 Consequences for Lighting Design
- for more on lighting criteria and application

> 3 | PHOTOBIOLOGY AND NONVISUAL EFFECTS OF OPTICAL RADIATION
- for more on light's nonvisual effects on people

> 3.2 Nonvisual Response to Optical Radiation
- for more on circadian rhythms

> 3.5 Phototherapy
- for more on SAD

> 4.12 An Illuminance Determination System
- for more on scotopic, mesopic, and photopic vision

> Table 2.1 | Vision Adaptation States
- for more on scotopic, mesopic, and photopic adaptation states

12.4 FACTORES FISIOLÓGICOS

Aunque gran parte de la visión tiene que ver con la fisiología, como se detalla en 2 | VISIÓN: OJO Y CEREBRO, el interés y la investigación recientes sobre el ritmo circadiano y el trastorno afectivo estacional (SAD) merecen atención. La fotosensibilidad a la radiación UV también merece atención, ya que puede surgir como un elemento de programación para clientes con lupus o sensibilidad a los rayos UV. Esto no pretende disminuir la base de la visión y aquellos factores sobre los cuales los principios básicos del diseño han evolucionado, incluyendo la acomodación, la adaptación, la visión del color, entre otros discutidos en la Sección 2.6 Consecuencias para el diseño de iluminación. Consulte la barra lateral de Recursos fisiológicos para obtener referencias adicionales.

El ritmo circadiano está impulsado por la distribución de energía espectral, la cantidad, la duración de la exposición y el momento de la luz. Aunque la exposición a cantidades significativas de luz blanca durante el día influye en el ritmo circadiano, no es práctico conseguir estas dosis exclusivamente con luz eléctrica común en aplicaciones arquitectónicas. En la práctica de diseño de iluminación arquitectónica se puede minimizar la interrupción de los ciclos de sueño de las personas. Lo mejor es que los dormitorios estén completamente oscuros. Si la iluminación exterior está muy cerca, son apropiadas las cortinas opacas en las ventanas y los tragaluces. Si se desean luces nocturnas, entonces son apropiadas las fuentes de longitud de onda larga, como los LED, que producen espectros entre 600 y 620 nm. Estos pueden especificarse en luces de paso de muy bajo rendimiento, bien controladas y antideslumbrantes, y controladas por un sensor de ocupación. Tal disposición es altamente eficiente y no crea un riesgo de quemaduras común con las soluciones de lámparas de filamento o una condición de iluminación excesiva común con las fluorescentes. Estos son especialmente útiles en centros de salud y viviendas para población mayor de 65 años, donde la iluminación nocturna tradicionalmente consistía en iluminación excesiva y requería buscar interruptores a tientas o rozar luminarias calientes, todo lo cual constituía un peligro. [9] [10]

SAD es una condición médica cuyo tratamiento está mucho más allá de las capacidades de la iluminación arquitectónica. El tratamiento tradicional consiste en exposiciones de 30 a 60 minutos de duración a altos niveles de casi cualquier luz

blanca policromática (luz diurna o luz eléctrica cercana a 10.000 lux) [11]. Más recientemente, se ha demostrado que son eficaces niveles mucho más bajos de luz azul de banda estrecha [12]. Si el SAD surge como elemento de programación, el cliente debe consultar con un médico especialista u oftalmólogo. La fotosensibilidad es la sensibilidad a la radiación ultravioleta. Si se sabe que un usuario es fotosensible, o si esto se hace evidente después de la finalización del proyecto, puede ser necesario limitar o eliminar la radiación por debajo de 400 nm. En casos extremos, se debe eliminar la radiación UV y es necesaria la filtración de las lámparas en aplicaciones de iluminación arquitectónica directa o indirecta que exhiban cualquier cantidad de UV, incluidas las halógenas y CMH y las fluorescentes. Dado que la fotosensibilidad puede ser inducida por fármacos o ser el resultado de condiciones médicas subyacentes, el cliente debe consultar a un médico. El resultado puede influir en la solución de iluminación arquitectónica.

Cuadro 12.2 / Impresiones Subjetivas

Impresión	Modos de iluminación [a,b,c]	Implicaciones de Diseño	Ejemplos de Técnicas de Refuerzo [d]	Aplicaciones Típicas
Preferencia	• Perímetro • No uniforme • Brillante	• Utilice iluminación perimetral no uniforme. Los efectos más brillantes ayudan, pero no son necesarios.	Una pared con ventana o acentuar una pared Y Acentuar arte en la pared o acentuar una o varias características arquitectónicas o materiales y/o usar iluminación decorativa, como colgantes, apliques luces de mesa o de piso colocadas de manera intermitente alrededor de los bordes de la habitación o área	• La mayoría de los espacios • Ver Figura 12.12 • Ver Figura 12.13
Privacidad	• No uniforme • Tenue • Perímetro	Utilice una iluminación no uniforme y relativamente tenue. El énfasis en la periferia ayuda, pero no es necesario.	Efectos de iluminación tenues y algo irregulares debido a la iluminación descendente o al uso de iluminación decorativa tenue, como colgantes, apliques o luces de mesa o de piso	• Clubes exclusivos • Restaurantes exclusivos • Algunos espacios residenciales • Espacios de meditación • Ver Figura 12.13
Relajación	• Perímetro • No uniforme • Tenue	Utilice iluminación perimetral no uniforme. Los efectos de atenuación ayudan, pero no son necesarios.	• Bañadores de paredes o elementos de tonos más oscuros o bañadores de paredes o elementos de tonos más claros Y • Acentuar suavemente obras de arte seleccionadas y/o varias características arquitectónicas o materiales y/o usar iluminación decorativa, como colgantes, apliques o luces de mesa o de piso colocadas de manera intermitente alrededor de los bordes de la habitación o área.	• Áreas informales • Salas de conferencias • Salones • Restaurantes para sentarse • Áreas de espera
Amplitud	• Uniforme • Perímetro • Brillante	Utilice una iluminación uniforme en las paredes. Los efectos más brillantes ayudan, pero no son necesarios.	• Paredes de ventana para al menos dos paredes y/o revestimiento de pared para al menos dos paredes; Considere reflectancias de pared del 60% o más para al menos la mitad de las paredes a iluminar.	• Circulación • Espacios de reunión • Ver Figura 12.14
Claridad Visual	• Brillante • Perímetro • Uniforme	Cree techos y superficies de trabajo brillantes con cierto énfasis en la periferia. Los efectos uniformes ayudan, pero no son necesarios.	• Claraboyas, luminarias modulares empotrables con lentes relativamente brillantes, luminarias modulares empotrables directas/indirectas o iluminación descendente combinada con iluminación ascendente; considere reflectancias del techo del 90% Y • Paredes de ventanas y/o bañadores de paredes	• Espacios de trabajo • Ver Figura 12.15

a. Los modos de iluminación se enumeran primero en orden de mayor influencia.

b. Tenue y Brillante se utilizan en un sentido relativo. No hay valores de diseño cuantitativos disponibles. Las reflectancias de la superficie afectan la sensación de oscuridad y luminosidad.

c. No uniforme, como se usa aquí, significa que los patrones de luz se aplican de manera intermitente, pero no de manera completamente aleatoria o desordenada. Uniforme Indica que el patrón o patrones de luz están dispuestos de manera consistente o regular.

d. Se puede emplear luz natural o luz eléctrica para lograr técnicas de refuerzo. Las técnicas de impresiones subjetivas se combinan con otras técnicas de iluminación como necesarias para cumplir con otros criterios de diseño.



FIGURA 12.12 | PREFERENCIA

Los patrones de iluminación perimetral no uniformes se logran con efectos variados. Un efecto resulta de resaltar los travesaños de madera de los ascensores en el fondo ①. Otro efecto resulta de rozar una pared dimensional de madera sobre el área de estar de la chimenea ②, que introduce sus propios patrones de brillo no uniformes pero nítidos. Un tercer efecto se logra con pequeñas luces de mesa y de piso en el fondo ③. Estas mismas técnicas se combinan con una iluminación tenue en este entorno particular para provocar una impresión de privacidad (consulte también la Figura 12.13 a continuación). » Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com



FIGURA 12.13 | PRIVACIDAD Y PREFERENCIA

En una escena de meditación atenuada, se utiliza una iluminación no uniforme para definir una zona tenue en las proximidades de los usuarios ④. Aquí, el efecto de adaptación creado por focos brillantes en relación con el fondo tenue hace que las áreas de asientos tenues parezcan aún más tenues. Las fuertes luminancias logradas con los focos CMH en el altar y el tabernáculo ⑤ en comparación con la iluminación uniforme pero de bajo nivel de la casa permiten la meditación personal en el anonimato. En la periferia de los usuarios, la ranura fluorescente ⑥, aunque está en

posición tenue, proporciona un acento sutil en la pared y trabaja con el acento del tabernáculo y el altar para realzar las impresiones de preferencia. » Imagen ©2005 Gene Meadows



FIGURA 12.14 | AMPLITUD

La iluminación uniforme de las paredes provoca una impresión de amplitud ⑦ en el Congreso Nacional de Brasil. Se emplea luz natural para lograr una iluminación uniforme en las paredes de esta zona del vestíbulo. » Imagen ©Alan Weintraub/Arcaid/Corbis



FIGURA 12.15 | CLARIDAD VISUAL

Un patrón uniforme de tragaluces ofrece un plano de techo brillante⑧. La claraboya se combina con iluminación descendente y luces de mesa para crear una zona luminosa en el plano de trabajo. La iluminación de las paredes es uniforme y brillante ⑨. Todo lo cual contribuye a una impresión de claridad visual, lo que se considera un factor importante para esta área de lectura para adultos en una biblioteca comunitaria. » Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

El proceso de trabajo *es la tarea humana completa, no sólo un componente visual de una tarea visual asociada con el trabajo. Por ejemplo, en una instalación judicial se podría esperar que la oficina del taquígrafo judicial incluya la lectura como una tarea visual. Sin embargo, el proceso de trabajo debe abarcar lo que se lee, cómo se lee y se reconstituye en un documento oficial, el área en la que se lee, se aborda y se reconstituye, y el tiempo típico asignado para este proceso. Estos componentes del proceso de trabajo cambian con los avances tecnológicos, los requisitos y procedimientos judiciales*

y los cambios de personal. Todo o parte de esto puede influir en los tipos de tareas y aplicaciones de IES utilizadas para determinar los criterios de iluminancia apropiados.

El proceso de vivir *es la tarea humana completa, no sólo un componente visual de una tarea visual asociada con la vida. Por ejemplo, en una residencia, vivir incluye comer, normalmente en grupo. Se podría esperar que esta actividad incluya la identificación de alimentos. El proceso de vida, sin embargo, debe abarcar lo que se come, cómo se come, el área en la que se come, las actividades sociales involucradas y el tiempo típico asignado a este proceso. Estos componentes del proceso de vida pueden cambiar con los avances tecnológicos o con el individuo o grupo involucrado. Las actividades sociales incluyen la conversación, que a su vez implica reconocimiento facial, y tal vez mirar televisión, Internet o leer. Todo o parte de esto puede influir en los tipos de tareas utilizadas para determinar los criterios de iluminancia apropiados.*

CSA/ISO *es un acrónimo de la adopción por parte de la Asociación Canadiense de Estándares de un estándar de la Organización Internacional de Normalización (ISO). Consulte la Figura 12.16 para ver las definiciones CSA/ISO de las calidades de pantalla de computadora estandarizadas en todo el manual. [13] [14]*

12.5 FACTORES DE TAREA

Los factores de tarea giran en torno a las tareas visuales de los usuarios. Luminancias, iluminancias y proporciones son criterios de interés y dependen de las tareas y edades de los usuarios. Un estudio deliberado y detallado de los factores de la tarea puede ayudar a identificar las técnicas de iluminación más apropiadas para el proyecto. Sin embargo, esto implica mucho más que asignar un valor de pies-candela (footcandle) a una habitación y aplicar iluminación uniformemente para cumplir con ese criterio.

12.5.1 TAREAS VISUALES

Las listas de tareas y aplicaciones de los respectivos capítulos de aplicaciones de este manual proporcionarán una idea de la amplitud de las tareas y aplicaciones visuales que pueden estar involucradas en cualquier proyecto. De hecho, la lista es probablemente demasiado amplia para ser de mucha utilidad para establecer inmediatamente criterios de iluminación y limitar rápidamente las técnicas de diseño para un proyecto específico. Las listas de aplicaciones son de poca utilidad hasta que la planificación del espacio haya definido los tipos de habitaciones y las áreas de tareas dentro de esas habitaciones.

Quizás la mejor manera de comprender los procesos y tareas de trabajo o de vida de los clientes sea visitar sus instalaciones existentes como parte de la programación (ver 11.3.2.1 Programación). Esto permitirá al diseñador determinar mejor las tareas y aplicaciones de IES de soporte y determinar la luminancia y los criterios de iluminancia apropiados. Unas técnicas de iluminación mejor adaptadas son un resultado probable que producirá clientes más satisfechos y un mejor uso de la energía de iluminación.
Se recomienda delimitar las tareas. Una revisión exhaustiva que da como resultado una lista de tareas y condiciones existentes ayuda a establecer la gama de tareas y permite especificar los criterios apropiados y, más tarde, las luminarias, lámparas y controles. La tabla 12.3 es un ejemplo de encuesta de tareas visuales.

Durante una visita a las instalaciones existentes del cliente, el diseñador también puede evaluar las iluminancias, reflectancias de superficie y luminancias existentes, proporcionando más información sobre los requisitos de la tarea visual o las expectativas de los usuarios. Las iluminancias se pueden medir utilizando un medidor de iluminancia diseñado para uso en iluminación arquitectónica. Consulte 9.8 Medición de iluminancia. Las luminancias y reflectancias se pueden medir con un medidor de luminancia. Consulte 9.11 Medición de luminancia y 9.12 Medición de reflectancia y transmitancia. El diseñador debe gestionar y abordar las expectativas durante el proceso de diseño. Conocer estas expectativas y comprenderlas durante la programación puede aliviar errores al determinar criterios y establecer técnicas

de diseño. Por ejemplo, los usuarios de un estudio de dibujo pueden solicitar 1000 lx en el alcance del proyecto, pero una revisión de la situación existente puede determinar que casi todos los usuarios trabajan en computadoras, requieren una referencia mínima al papeleo y trabajan en pantallas configuradas para Modo de polaridad negativa CSA/ISO (ver Figura 12.16). Estas tareas requieren iluminancias bajas para la situación de visualización de la pantalla y sólo iluminancias moderadas para referencias periódicas a tareas en papel, tal vez cierto grado de reconocimiento facial para reuniones extemporáneas y para mantener estados cómodos de adaptación. Entonces puede ser apropiado discutir el criterio de 1000 lx para que el diseñador pueda aprender sobre tareas invisibles o que sólo se realizan periódicamente o para que los usuarios puedan aprender que 1000 lx es un criterio apropiado para la redacción manual extensa y la lectura de planos impresos. Priorice las tareas en función de las visitas al sitio, la experiencia previa y la discusión con el cliente. Es común que las personas mencionen todo lo que podrían hacer o les gustaría hacer con respecto a las tareas de vida y trabajo. En realidad, sin embargo, la mayoría de las tareas visuales para el funcionamiento de una habitación o área se limitan a una lista relativamente corta. Este esfuerzo de diseño puede evitar un gasto significativo de tiempo y dinero en el diseño y adquisición de iluminación que rara vez se utiliza o es innecesaria. Durante la encuesta de tareas visuales, se puede aprender que leer planos impresos en el ejemplo mencionado anteriormente es una función necesaria, pero que ocurre con poca frecuencia y, cuando ocurre, puede ocurrir lejos de las estaciones de trabajo de las personas. Por lo tanto, una sola mesa iluminada para permitir la visualización periódica a corto plazo de los planos de un grupo de trabajadores elimina la necesidad de una alta iluminación en todas partes.



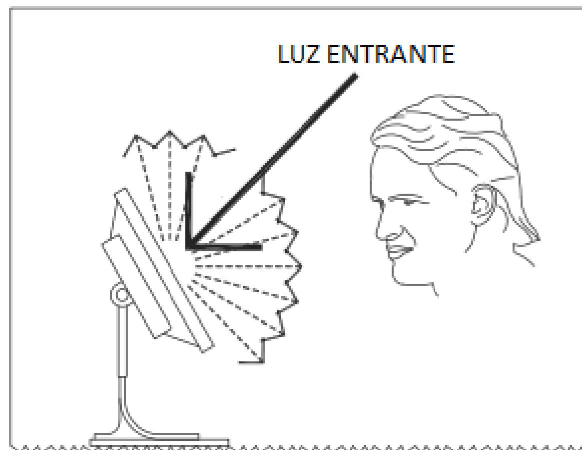
FIGURA 12.16 | CUALIDADES DE LA PANTALLA DE COMPUTADORA CSA/ISO

Pantalla de polaridad positiva CSA/ISO Esta pantalla VDT de fondo brillante con texto/gráficos oscuros tiene una apariencia similar a la mayoría de las tareas en papel. Esta configuración de pantalla minimiza las relaciones de luminancia entre la pantalla de la computadora, las tareas en papel y las superficies de fondo de paredes y techos de tonos más claros. Algunos beneficios de la polaridad positiva CSA/ISO son: minimizar la adaptación transitoria; reducción de la fatiga visual; visibilidad de tareas mejorada; efectos reducidos de reflejo-velado; mejor visibilidad para la mayoría de los observadores mayores. Las personas con baja visión suelen preferir la polaridad de imagen negativa. Se ha demostrado que las pantallas de polaridad positiva CSA/ISO mejoran la precisión al leer texto en la pantalla [15]. »
Imagen ©iStockphoto/Nikada



PANTALLA DE POLARIDAD NEGATIVA CSA/ISO

Esta pantalla VDT de fondo oscuro con texto/gráficos brillantes es útil para detectar pequeños detalles, pero crea un fuerte contraste con cualquier papeleo. Esta configuración de pantalla crea relaciones de luminancia significativas entre la pantalla de la computadora, las tareas en papel y las superficies de fondo de paredes y techos en tonos claros. Este contraste puede provocar fatiga visual y dolores de cabeza. La mayoría de las pantallas/software son ajustables por el usuario y se pueden alternar entre polaridad positiva CSA/ISO y polaridad negativa CSA/ISO. Otro aspecto confuso es el acabado de la pantalla. Incluso las pantallas planas con superficies brillantes pueden tener reflejos y velos que degradan la imagen. Vea abajo. » Imagen ©iStockphoto/Nikada



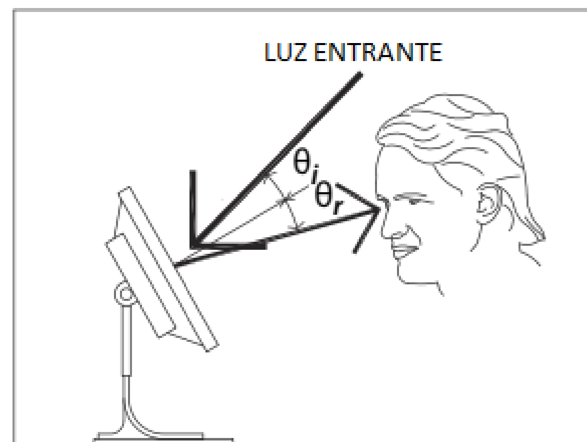
PANTALLA CSA/ISO TIPO 1/ACABADO MATE

Las características de reflectancia de una pantalla CSA/ISO Tipo 1 se ilustran gráficamente aquí. Las pantallas de monitores tipo 1 exhiben excelentes propiedades antirreflectantes y antideslumbrantes. La pantalla tiene un acabado superficial mate o texturizado que difunde la luz entrante y generalmente produce un mínimo reflejo velado o deslumbramiento reflejado. Se considera que estas pantallas tienen buenas propiedades de reflexión de pantalla y son más tolerantes en muchas condiciones de iluminación.



PANTALLA CSA/ISO TIPO II/ACABADO SEMIESPECULAR

Este gráfico ilustra las cualidades de reflectancia de una pantalla CSA/ISO Tipo II. Estas pantallas exhiben buenas propiedades antirreflectantes y antideslumbrantes. La pantalla tiene un acabado superficial semiespecular. El ángulo de reflexión (θ_r) para una parte de la luz entrante es igual al ángulo de incidencia (θ_i), por lo que la geometría de la tarea en relación con las luminarias directas y las superficies brillantes es algo sensible. Se considera que estas pantallas tienen propiedades de reflexión de pantalla de calidad media y funcionan mejor en la mayoría de las condiciones de iluminación cuando se configuran en polaridad positiva.



PANTALLA CSA/ISO TIPO III/ACABADO ESPECULAR

Este gráfico ilustra las cualidades de reflectancia de una pantalla CSA/ISO Tipo III Las pantallas tipo III exhiben pocas o ninguna propiedad antirreflectante/antideslumbrante. La pantalla tiene un acabado superficial especular o brillante. El ángulo de reflexión (θ_r para la mayor parte de la luz entrante) es igual al ángulo de incidencia (θ_i), por lo que la geometría de la tarea en relación con luminarias directas y/o superficies brillantes es muy sensible. Las superficies brillantes reflejadas ocultan fácilmente el texto/gráficos mostrados en la pantalla. En casos extremos, las superficies brillantes reflejadas provocan deslumbramiento. Se considera que estas pantallas tienen propiedades de reflexión de pantalla de mala calidad y son más problemáticas cuando se configuran con polaridad negativa CSA/ISO, excepto cuando la iluminación es tenue y uniforme.

» Gráficos de pantalla CSA/ISO de Architectural Lighting Design, tercera edición, reimpresos con autorización de John Wiley & Sons, Inc.

***Los gradientes de luminancia** son la tasa de cambio de luminancia en un área determinada de luminaria o superficie de pared o techo. Una alta tasa de cambio en áreas relativamente pequeñas puede crear deslumbramiento reflejado y/o reflejos de velo en tareas visuales sensibles, como pantallas de computadora de polaridad negativa CSA/ISO Tipo III que muestran gráficos muy detallados, como los que se pueden encontrar en el trabajo de diseño de medicamentos farmacéuticos. Consulte la Figura 12.17 para ver una ilustración del gradiente.*



FIGURA 12.17 | DEGRADADO DE LUMINANCIA
El área brillante sobre el colgante lineal se desvanece suavemente sobre un área relativamente grande de izquierda a derecha. Se trata de una tasa gradual de cambio de luminancia y es satisfactoria para muchas tareas de papel e informática. Sin embargo, las pantallas de computadora con polaridad negativa CSA/ISO Tipo III probablemente reflejarán incluso este suave lavado del cielorraso de área amplia para el usuario, lo que podría velar partes de la pantalla de la computadora, reduciendo así la visibilidad de la tarea. » Imágenes © 2003 Gene Meadows.

12.5.2 LUMINANCIA

Con respecto a las tareas, son importantes varios criterios de luminancia: luminancia de la tarea; luminancia de fondo; y luminancia, patrones y gradientes de la fuente de luz. Cualquiera de estos, si se aborda incorrectamente, puede causar estragos en un entorno que de otro modo sería satisfactorio. Todos estos forman colectivamente el ambiente o escenario luminoso. La luminancia se analiza en detalle en 4 | PERCEPCIONES Y RENDIMIENTO.

12.5.2.1 LUMINANCIA DE LA TAREA

Siempre que se desee lograr algún beneficio al ver y comprender la tarea, la luminancia es necesaria. Tarea se refiere a los medios que comprenden el trabajo visual o la tarea, como impresiones láser, libros en papel, libros electrónicos, pantallas de computadora o masa para espaguetis que pasa por la máquina para hacer espaguetis. Para muchas tareas que no cuentan con iluminación propia, se conocen las propiedades de reflectancia y, posteriormente, se pueden especificar las iluminancias necesarias para lograr una luminancia de tarea aceptable. Para muchas tareas con iluminación

propia, se conocen las características de luminancia y reflectancia de la tarea y se pueden especificar las iluminancias necesarias para mantener una luminancia de tarea aceptable. Estos objetivos de iluminancia se citan en los respectivos capítulos de aplicación y están destinados a usarse junto con los otros criterios específicamente detallados en los respectivos capítulos de aplicación o descritos en general aquí en el Capítulo 12.

12.5.2.2 LUMINANCIA DE FONDO

Para mantener cierto grado de atención a las tareas y limitar distracción y fatiga visual, particularmente en entornos laborales, la luminosidad de los fondos inmediatos a las tareas es importante. Las relaciones de luminancia, las relaciones de uniformidad de iluminancia y las reflectancias de la superficie del fondo ayudan a mantener las luminancias de fondo adecuadas.

Las luminancias de paredes, techos, luz diurna y luminarias se consideran aquellas de superficies de fondo distantes, ya que están relativamente alejadas de las áreas de tareas visuales. Si estas luminancias son demasiado grandes o demasiado bajas en relación con la tarea, entonces es probable que haya deslumbramiento o fatiga visual o percepciones de oscuridad ambiental o exceso de brillo. Las superficies de fondo distantes se rigen por la relación entre su luminancia y la de la tarea. Para superficies opacas, como paredes y techos, las reflectancias de la superficie son importantes al igual que las tasas de cambio o los gradientes de luminancia. Para superficies transparentes o translúcidas, como claraboyas y ventanas, luminarias y lámparas, la luminancia media es importante. Para situaciones que involucran tareas informáticas, los gradientes de luminancia de paredes y techos que cambian muy gradualmente y ocurren en áreas relativamente grandes son los menos perturbadores. Por lo tanto, las rayas suaves y amplias del techo, como se muestran en la Figura 12.17, son menos problemáticas que las rayas estrechas y muy brillantes en oficinas u otros entornos de trabajo con uso intensivo de computadoras. Los gradientes graduales son especialmente importantes cuando se utilizan pantallas de polaridad negativa CSA/ISO Tipo III. Consulte la Tabla 12.4 para conocer las recomendaciones de gradiente de luminancia de cielorraso para espaciamientos de luminarias indirectas seleccionadas.

Cuadro 12.3 | Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

Espacio [a]		Detalles de Interés [b]	Notas de Tarea [c]	Notas de Aplicación [d]	Comentarios [e]	Evaluaciones [f]: Luz Diurna	Luz Eléctrica	Importancia	Edad del Obdervador Visual	Horas de Ocupabilidad
Interior	Oficina	Circulación								
		• Piso	¿Tareas distintas a caminar?	¿Oscuro o brillante?	Horizontal illuminances					
		• Rostro	¿Discusiones informales periódicas?	¿Reuniones cortas o largas?	Vertical illuminances					
		Estación de Trabajo								
		• Escritorio	¿Papel, computadora, otras tareas?	¿Acabados?						
		• Retorno	¿Papel, computadora, otras tareas?	¿Acabados?						
		• Tamaño	¿Área total versus área de trabajo visual?	¿Área de trabajo visual relativa a la izquierda o derecha de la computadora?						
		• Rostro	¿Discusiones informales periódicas?	¿Reuniones cortas o largas?	Iluminancias verticales					
		Presentación								
		• Archivo	¿Legibilidad de las etiquetas de los archivos?	¿Archivos altos/pasillos estrechos?	Iluminancias verticales					
		• Referencia	¿Legibilidad de las etiquetas de los archivos?	¿Archivos cortos/ tapas de referencia?	Iluminancias horizontales					
	Recepción	Reuniones								
		• Seguridad	¿Reconocimiento facial?	¿Seguridad discreta o abierta?	Iluminancias verticales					
		• Firmas	¿Libro mayor? ¿Instrucciones? ¿Formas?	¿Informal o formal?'						
		• Intercambio Verbal	Evaluación de comportamiento	¿Número de visitantes?						
		Estación de Trabajo								
		• Área de trabajo	¿Papel, computadora, otras tareas?	¿Acabados?						
		• Retorno	¿Papel, computadora, otras tareas?	¿Acabados?						
		• Servicio	¿Bebidas?	¿Extensión de la configuración?						
		Espera								
		• Sesiones	¿Lectura de pantalla? ¿Visualización de TV/VDT?	¿Esperas largas/cortas?						
		• Reuniones	¿Discusiones? ¿Cambio de material?	¿De pie o sentados?	Iluminancias verticales					
		• Impresiones	¿Tiempo de espera?	¿Estado de los visitantes?						
Exterior	Estacionamiento	Disposición								
		• Patrón de rayas	¿Densidad? ¿Islas? ¿Follaje?	¿Nivel de actividad nocturna del vecindario?						
		• Tipos de vehículos	¿Alturas y tamaños?	¿Horas de operación?						
		Circulación								
		• Puntos de Entrada/Salida	¿Horas de mayor actividad?	¿Rutas que se cruzan?	Iluminancias verticales					
		• Interfaz	¿Interfaz peatón/vehicular?	¿Usuarios repetidos/por primera vez?						
	Pasarela	Disposición								
		• Sendas definidas	¿Densidad peatonal?	¿Nivel de actividad nocturna del vecindario?						
		• Entradas de edificio	¿Entrada primaria nocturna?	¿Horas de operación?						

a. Elabore una lista de espacios o áreas representativos. Lo que se muestra es ejemplar y no lo incluye todo. Expandir o contraer según sea necesario. Espacios y tareas enumerados sin ningún orden particular.
b. Identifique tareas, funciones y facetas de interés específicas que puedan afectar las necesidades de iluminación.
c. A partir de observaciones e indagaciones, identifique tareas visuales específicas.
d. Identificar atributos del entorno de la aplicación o de las tareas.
e. Haga cualquier comentario adicional para aclarar el alcance de la encuesta.
f. Evaluar estos y otros elementos que afectan la iluminación y el funcionamiento del sistema de iluminación. Cuando haya luz del día, indique la hora del día y las condiciones del cielo cuando se realizan las mediciones de iluminancia. Si es posible, apague las luces eléctricas para evaluar la contribución de la luz natural. Amplíe o contraiga la lista según sea necesario. Amplíe el tamaño de las celdas según sea necesario para documentar la evaluación en forma narrativa, numérica o ambas.

12.5.2.3 LÍMITES DE LUMINANCIA

En muchas situaciones casuales, se toleran magnitudes de luminancia muy grandes. Sin embargo, en entornos de trabajo, las luminancias se abordan cuidadosamente para extraer el máximo beneficio de la iluminación. Cuando se utilizan computadoras, las luminancias de las luminarias, las superficies de las habitaciones y la distribución de luz natural son fundamentales para la comodidad y la productividad de las personas. Las luminancias demasiado altas afectarán negativamente a la visibilidad de algunas tareas informáticas. Esto es más importante en aplicaciones donde prevalecen las computadoras y el rendimiento visual tiene implicaciones económicas, de productividad, de salud o de seguridad. Generalmente, cuanto más importante sea la tarea de visualización del VDT o peor sea la calidad de la pantalla del VDT, más restrictivos serán los límites de luminancia o candela. En ausencia de criterios definitivos en los respectivos capítulos de aplicación, la Tabla 12.4 identifica los límites de luminancia predeterminados para una variedad de fuentes de luminancia: luminarias; superficies de las habitaciones; y medios diurnos. En el caso de las luminarias, la componente directa de la luz es la que más preocupa. La Figura 12.18 diagrama los ángulos límite de luminancia de primordial importancia para la componente directa de las luminarias. Hay dos opciones disponibles para evaluar las luminancias de los componentes directos de las luminarias: luminancia inicial promedio y potencia máxima de candela inicial. La evaluación de la luminancia inicial promedio requiere suposiciones sobre el área del medio óptico de la luminaria sobre la cual su luminancia podría ser demasiado grande, así como suposiciones sobre los tipos y diseños de las pantallas de computadora. En teoría, algunas luminarias pueden parecer que cumplen o superan los criterios de luminancia inicial promedio, pero que simplemente son demasiado brillantes para su uso en algunas o todas las aplicaciones de VDT. Alternativamente, la evaluación de la potencia inicial máxima de las velas es más sencilla de implementar y solo requiere informes de pruebas fotométricas de los fabricantes. Sin embargo puede parecer que algunas luminarias (consulte la Figura 12.19) teóricamente no cumplen con los criterios de candela inicial máxima, pero son subjetivamente aceptables en algunas o todas las aplicaciones de VDT. El diseñador puede utilizar una o ambas opciones para evaluar varias luminarias bajo consideración en un proyecto determinado. Si una luminaria preferida por su apariencia, tamaño, iluminación y otros criterios no supera la evaluación de luminancia, entonces es apropiado ver una muestra operativa, si no una maqueta, de la luminaria fallida. De manera similar, si una luminaria preferida por su apariencia, tamaño, iluminación y otros criterios pasa, entonces es apropiado ver una muestra operativa, si no una maqueta, de la luminaria que pasa. Los límites de luminancia de superficies de habitaciones potencialmente brillantes o medios de luz diurna generalmente se informan en unidades de candelas por metro cuadrado (cd/m^2). Estos límites de luminancia se consideran promedios máximos permitidos sobre toda la superficie de interés o sobre porciones específicas de la superficie o luminaria. La luminancia de una superficie completa es relevante cuando hay una tasa gradual de cambio de luminancia. Es decir, la luminancia exhibe un gradiente suave o es bastante uniforme, como podría existir con una pared bañada con luz del cielo del norte o luminarias bañadas en pared. En estas situaciones, aunque la superficie no presenta gradaciones o gradientes pronunciados, la luminancia general debe permanecer por debajo de ciertos límites. Los gradientes de luminancia de las superficies del techo donde se utilizan uplights se pueden evaluar mediante la tasa de cambio de luminancia en un área determinada del techo. Los medios de luz diurna son por naturaleza fuentes potenciales de deslumbramiento tan importantes que resultan debilitantes. Si no se pueden diseñar adecuadamente la orientación del edificio, la posición de los medios de comunicación con luz natural, la ubicación y disposición de las estaciones de trabajo o las sombras, el deslumbramiento será un problema difícil y persistente. Esto puede fácilmente descarrilar cualquier beneficio de sostenibilidad o ahorro de energía. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA para obtener orientación sobre el diseño de iluminación natural.

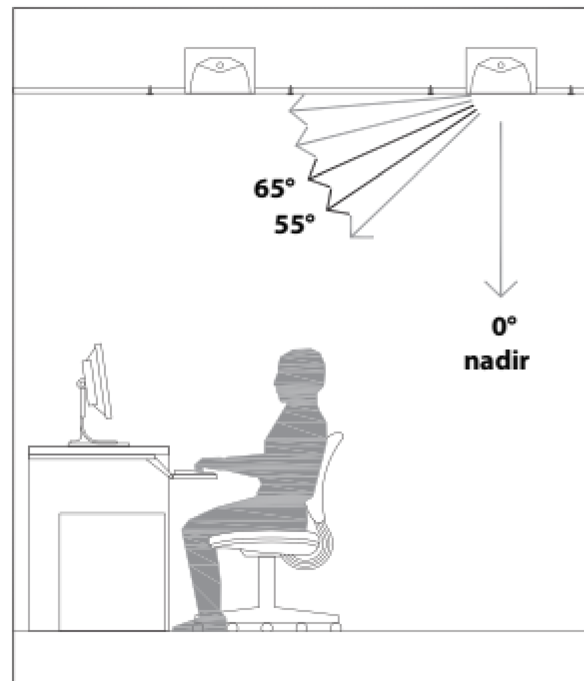


FIGURA 12.18 | ÁNGULOS DE LÍMITE DE LUMINANCIA

Los límites de luminancia de las luminarias se basan en el ángulo de distribución de la luz. Los ángulos considerados más críticos son aquellos de 55° o 65° o más, dependiendo de la criticidad de la tarea.

» Tomado de Architectural Lighting Design, tercera edición, reimpreso con permiso de John Wiley & Sons, Inc.

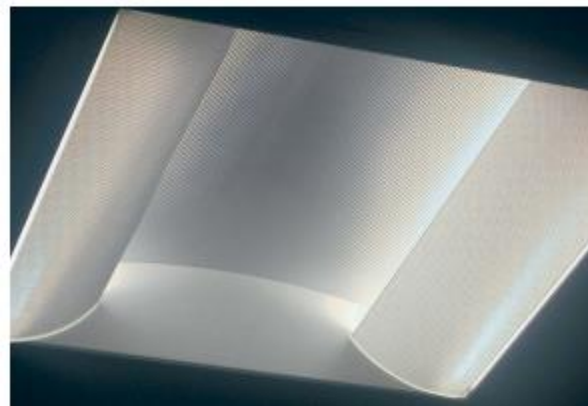


FIGURA 12.19 | LUMINARIAS EMPOTRABLES DIRECTAS DE DIMENSIONES ARQUITECTÓNICAS

Dependiendo de los acabados del reflector y la iluminación, las versiones de esta y otras luminarias empotradas directas de dimensiones arquitectónicas pueden no superar las evaluaciones de luminancia. Una muestra operativa, si no un modelo, es apropiada antes de aceptar o rechazar dicha luminaria. Véase también la Figura 32.9. El reflector superior de esta luminaria empotrada directa de dimensiones arquitectónicas de 2' por 2' es de metal acanalado con acabado en aluminio natural. Esto, combinado con el contorno del reflector superior, puede reducir la luminancia de la luminaria en comparación con la de un reflector superior blanco. Sin embargo, la raya de luminancia que se ve en la interfaz de la canasta de la lámpara perforada y el reflector superior podría exceder los criterios de luminancia dependiendo de la iluminación.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

12.5.2.4 CONTRASTE DE LUMINANCIA

El contraste es una propiedad física vinculada a las características inherentes de la tarea (consulte 4.2.4 Contraste de luminancia y 4.2.5 Contraste cromático), iluminancia, reflectancia de la tarea y cualidades de color de la iluminación. Si el contraste de la tarea es bueno a excelente, existe un mayor potencial para que los usuarios realicen la tarea de manera precisa y oportuna. Si el contraste de la tarea es pobre a regular, entonces existe una mayor posibilidad de que los usuarios cometan errores o requieran más tiempo para realizar la tarea. Consulte la Figura 12.20 para ver un contraste de ejemplos de luminancia simple. El contraste se manifiesta por la luminancia o el color. Las recomendaciones de iluminancia de IES se basan en suposiciones sobre las características de la tarea prevista que generalmente están implícitas en el nombre o la descripción de la tarea. Por ejemplo, una copia generada de forma analógica suele presentar un contraste y una integridad de imagen peores que una copia generada digitalmente. Por lo tanto, el objetivo de iluminancia recomendado por IES es mayor para copias analógicas que para copias digitales. Es decir, las copias digitales pueden resultar en el uso de menos energía de iluminación. Las figuras 12.21a, 12.21b y 12.21c ilustran varios ejemplos de contraste de luminancia y relaciones de luminancia. Estas figuras también ilustran los efectos de la selección del acabado de la superficie del fondo.

El contraste inherente de bueno a excelente es evidente cuando se utiliza texto blanco como este en papel negro (aquí el papel tiene una reflectancia del 0%).

El contraste inherente de bueno a excelente es evidente cuando se utiliza tinta negra como esta sobre papel blanco (aquí el papel tiene una reflectancia del 86%).

El contraste inherente de pobre a regular es evidente cuando se utiliza tinta negra como esta sobre papel gris como este (aquí el papel tiene una reflectancia del 35%).

El contraste inherente de pobre a regular es evidente cuando se usa tinta negra como esta sobre papel blanco como este (aquí el papel tiene una reflectancia del 86%, pero la tinta es gris).

Figura 12.20 | Contraste de luminancia

Las cualidades inherentes a la tarea influyen en gran medida en la cantidad de luz necesaria para la visibilidad de la tarea. Los cuadros de texto superior y segundo desde arriba exhiben un excelente contraste inherente. Los cuadros de texto tercero y cuarto desde arriba tienen un contraste de tareas progresivamente deficiente y requieren mayor período de tiempo para una lectura precisa o requerirán más luz que los dos cuadros de texto superiores.

Cuadro 12.4 | Recomendaciones Predeterminadas de Luminancia e Intensidad de Luminaria para Aplicaciones VDT

Fuente de Luminancia	Importancia de Visualización de VDT[a]	Aplicación[b]	Luminancia Inicial Promedio de Luminaria Opción[c]				Luminaria Inicial Máxima Opciones de Potencia-Candelas[d]
			Propiedades de Reflejo de la Pantalla del Monitor VDT				Límites en Potencia-Candelas de Luminaria
			Medio a Bueno[e]		Pobre[e]		
			CSA/ISO Tipos de Monitores I y II		CSA/ISO		
			Polaridad Positiva	Polaridad Negativa	Polaridad Positiva	Polaridad Negativa	
Luminarias (componente directo)	Secundario	• Industrial	≤2570 cd/m^2 a 65° y superior				NA
		• Sala de Conferencias • Espacio de Transición	≤1715 cd/m^2 a 65° y superior				300 cd @65°, 185 cd @75°, 60 cd @85°
	Normal	Aula • Industrial de Alta Tecnología • Oficina	≤1500 cd/m^2 a 65° y superior	≤1000 cd/m^2 a 65° y superior	≤500 cd/m^2 a 65° y superior	≤200 cd/m^2 a 65° y superior	300 cd @65°, 185 cd @75°, 60 cd @85°
	Alto	• Centros de Llamado • Programación[f]	≤1500 cd/m^2 a 55° y superior	≤1000 cd/m^2 a 55° y superior	≤500 cd/m^2 a 55° y superior	≤200 cd/m^2 a 55° y superior	300 cd @55°, 220 cd @65°, 135 cd @75°, 45 cd @85°
	Crítico	• Control Tráfico Aéreo • CAD • Programación[g] • Centros de Comando • Laboratorio Médico • Monitoreo	≤200 cd/m^2 a 55° y superior				300 cd @55°, 220 cd @65°, 135 cd @75°, 45 cd @85°

Fuente de Luminancia	Importancia de Visualización de VDT[a]	Aplicación[b]	Luminancia Inicial Promedio	Máximo Gradiente de Luminancia en el Techo por Proyectores de Luz Ascendente (Uplights)[h]							
				CSA/ISO Tipos de Monitores I y II				CSA/ISO Tipos de Monitores III			
				Polaridad Positiva		Polaridad Negativa		Polaridad Positiva		Polaridad Negativa	
				Espaciamiento Típico de Proyectores de Luz Ascendente							
				8 ft	12 ft	8 ft	12 ft	8 ft	12 ft	8 ft	12 ft
				Los valores a continuación son tasas de cambio en unidades cd/m^2 por metro de superficie de techo; esto constituye el cambio máximo recomendado en luminancia sobre un metro de techo según las relaciones de luminancia citadas en la Tabla 12.5 para minimizar los reflejos de velo.							
Superficies de la Habitación	Secundario		≤1715 cd/m^2	1965	1275	1965	1275	1680	1100	1680	1100
	Normal		≤855 cd/m^2	980	640	980	640	840	550	840	550
	Alto			980	640	840	550	840	550	840	550
	Crítico		≤615 cd/m^2	705	460	600	400	600	400	600	400

Fuente de Luminancia	Importancia de Visualización de VDT	Aplicación	Luminancia Inicial Promedio
Medio Luz diurna	Secundario	• Sala de Conferencias • Espacio de Transición	≤3425 cd/m^2
		• Industrial	≤2570 cd/m^2
	Normal		≤855 cd/m^2
	Alto		
	Crítico		≤615 cd/m^2

a. La importancia de visualizar la pantalla del monitor VDT con respecto al trabajo global.
b. Algunas aplicaciones comparten tareas visuales similares de importancia similar y, por lo tanto, tienen límites de luminancia similares.
c. Los valores se basan en varias referencias [16] [17] [18] [19] [20] [21]. Conversiones redondeadas al cinco más cercano. Debido a la naturaleza de los cálculos prácticos de fotometría y luminancia, la referencia aquí a "promedio" es el valor de luminancia promedio reportado o calculado a partir de datos fotométricos disponibles para el área de interés proyectada. Maqueta de monitores VDT anticipados con luminarias propuestas para confirmar la interacción de las últimas tecnologías de computadoras, lámparas y luminarias. Ver 10.2.5 Aproximaciones. La figura 12.18 detalla los ángulos límite de luminancia.
d. Los máximos de intensidad se basan en directrices introducidas por el Comité de Iluminación de Oficinas del IES en 2004 y desde entonces adoptadas por consenso [22]. Maqueta de monitores VDT anticipados con luminarias propuestas para confirmar la interacción de las últimas tecnologías de computadoras, lámparas y luminarias. La figura 12.18 detalla los ángulos límite de luminancia.
e. Ver Figura 12.16.
f. Programación informática de software comercial típico.
g- Programación informática de software comercial o militar crítico.
h. Gradiente de luminancia en el techo cuando se utiliza iluminación ascendente. Se ofrece para espacios típicos entre luminarias. Utilice la fórmula de referencia para otros espacios [23].

El área de tareas es al mismo tiempo ambigua y bastante específica. Se refiere al área o zona en la que se realizará o se prevé realizar la tarea en cuestión. En un corredor, el área de tareas generalmente se considera el plano horizontal del piso, aunque en muchas situaciones por seguridad y/o beneficio social, el reconocimiento facial es una función de la tarea,

que exige luz en el plano vertical a 5 pies AFF y perpendicular al dos direcciones principales de viaje. El área de tareas no se puede especificar de forma más limitada. En una oficina privada, el área de tareas es un área sobre el escritorio o quizás consta de todo el escritorio. El área de tareas es bastante específica y debe planificarse durante el diseño. Ver Figura 12.22.

***AFF** es un acrónimo de suelo sobre acabado en situaciones interiores. Complementado por AFG en situaciones exteriores.*

***AFG** es un acrónimo de nivel superior al acabado en situaciones exteriores.*

12.5.2.5 RELACIONES DE LUMINANCIA

Las relaciones de luminancia para comodidad son las diferencias de luminancia entre objetos, como una tarea en papel y la superficie sobre la que se asienta el papel. Las relaciones de luminancia son las principales responsables del confort visual. Como se analizó anteriormente, la relación de luminancia es una métrica conveniente al establecer reflectancias, transmitancias e iluminancias de superficies de fondos cercanos y distantes. En áreas de mayor concentración de esfuerzo o donde la seguridad es crítica, las proporciones entre las tareas y las superficies de fondo inmediatas suelen ser bajas (3 a 1 o menos). Cuando hay poco trabajo o en situaciones transitorias ocasionales o de ritmo lento, las personas toleran proporciones mucho mayores (40 a 1 o más).

Las relaciones de luminancia son expresiones de la luminancia promedio de una zona o área a otra. En el contexto de tareas visuales y situaciones laborales comunes, la relación entre la luminancia de la tarea y su fondo es limitada si el trabajo se va a realizar de forma precisa, oportuna y cómoda. Estas relaciones de luminancia varían algo de una aplicación a otra y se citan en los respectivos capítulos de aplicación. En ausencia de criterios de aplicación específicos y cuando las tareas de lectura y escritura analógicas o electrónicas son extensas, las relaciones de luminancia identificadas en la Tabla 12.5 son apropiadas.

Es muy probable que las relaciones de luminancia entre las tareas y la luz natural resulten problemáticas si no se abordan. Aquí, el control de la luz natural es un componente crítico y se puede lograr de manera efectiva para algunas tareas y actividades con paisajismo y geometría de vista (ver Figura 15.3) o control automatizado de sombras para ajustarse a las diferentes condiciones de luminancia del cielo.

La luminancia es una función de la iluminancia y la reflectancia de la superficie. Para superficies mate, las iluminancias y reflectancias son métodos razonables a emplear para mantener relaciones de luminancia apropiadas. Las proporciones no tienen unidades. Estas proporciones se pueden utilizar para establecer acabados superficiales apropiados o ayudar a determinar un equilibrio apropiado entre la tarea y la iluminación ambiental.

Según la Tabla 12.5, se recomienda una relación de luminancia máxima de 3 a 1 para superficies de tarea a fondo inmediato. Es decir, la reflectancia de un escritorio de oficina no debe ser inferior a un tercio del valor de reflectancia del papel. Dado que la mayoría de los papeles blancos suelen presentar un 80 % de reflectancia, la reflectancia del escritorio debe ser al menos un tercio del 80 % o 27 %. Sin embargo, esto supone que toda la superficie del escritorio o el área de tareas estará iluminada según el valor objetivo de iluminancia recomendado por IES para la tarea o tareas de interés. Consulte 12.5.5.5 Relaciones de iluminancia, 15.1.1.1 Iluminación ambiental y 15.1.1.2 Iluminación de tareas.

12.5.2.6 PATRONES DE LUMINANCIA Y GRADIENTES

Los patrones de luminancia que tienen formas extrañas o demasiado brillantes, o que exhiben gradientes demasiado severos pueden ser molestos, inaceptables o incluso peligrosos. Se tolera un patrón de luminancia severo en áreas de transición cuando la seguridad no es un problema. Los patrones de luminancia no deben interferir con la percepción espacial de los usuarios en una escalera, en un andén de tren o en una escalera mecánica, por ejemplo. Las definiciones de los bordes no deben distorsionarse ni verse como una alternancia extremadamente brillante y oscura a lo largo de su longitud. En entornos laborales, una distribución de luminancia desigual puede dificultar la visibilidad de las pantallas de

las computadoras. Dado que la luminancia promedio por sí sola no representa con precisión la aceptabilidad de un patrón de luminancia particular en estas situaciones, se utilizan gradientes para distinguir el grado de dureza o suavidad de la distribución de luminancia en un área. Consulte la Tabla 12.4 y la Figura 12.17.



FIGURA 12.21A | CONTRASTE DE LUMINANCIA Y RELACIÓN DE LUMINANCIA

1. El contraste de luminancia es la diferencia de luminancia entre las escalas de grises de tinta o lápiz y el papel. La tinta más oscura y/o el papel más claro producen un mejor contraste de luminancia. Agregar más luz que el objetivo de iluminancia recomendado por IES también produce un mejor contraste, pero es ineficiente en comparación con el uso de tinta más oscura y/o papel más claro.
2. La relación de luminancia entre la tarea y el fondo es la diferencia de luminancia entre la tarea propiamente dicha y la superficie de trabajo del fondo. Las superficies de trabajo mate de tonos medios a claros (que se muestran aquí) brindan un telón de fondo suave y cómodo para períodos prolongados de trabajo en papel y limitan la fatiga visual.

» Imagen ©Ocean/Corbis



FIGURA 12.21 B | CONTRASTE DE LUMINANCIA Y RELACIÓN DE LUMINANCIA

1. Los formularios comerciales con fondos de colores o en papel de color suelen exhibir un contraste inherente menor que sus homólogos de papel blanco. Los fondos más oscuros o la tinta de color suelen ser peores.
2. Las superficies de trabajo oscuras, si bien son una primera impresión dramática, dan como resultado fuertes relaciones de luminancia entre las tareas en papel y el fondo de la superficie de trabajo. La fatiga visual es probable con largos períodos de trabajo en papel. Dado que la superficie de trabajo es parcialmente responsable del estado de adaptación del usuario, las impresiones de "oscuridad" son comunes debido al fondo oscuro, a pesar de que la iluminancia cumple con el valor objetivo recomendado por IES. El aumento de la iluminancia es contraproducente e ineficiente.

» Imagen © Fuente de la imagen / Corbis



FIGURA 12.21C | LUMINANCIA

Las superficies de trabajo brillantes reflejan las luminancias de las luminarias, techos y paredes hacia el usuario y pueden crear reflejos de velo (ver 4.2.6 Reflejos de velo) y condiciones de deslumbramiento reflejado (ver 4.10 Deslumbramiento) que distraen o molestan.

» Imagen © Fuente de la imagen / Corbis

12.5.3 CONTRASTE CROMÁTICO

El contraste cromático es, esencialmente, la diferencia de color de un área de una tarea a otra. Las tareas con cualidades de contraste cromático inherentes buenas a excelentes generalmente exigen menos luz o dan como resultado una mayor velocidad y precisión en el desempeño por parte de los usuarios del componente visual de la tarea. Las figuras 12.23a, 12.23b y 12.23c ilustran varios ejemplos de contraste cromático y relaciones de luminancia.

12.5.4 REFLEXIONES DE VELO

Las reflexiones de velo son funciones de las luminancias de las superficies u objetos que rodean una tarea, el carácter de reflectancia de la tarea y el ángulo de visión de la tarea. Como ilustra la Figura 12.24, los reflejos velados pueden perjudicar la visualización de la tarea. En estas situaciones, la luz reflejada desde la superficie brillante de la tarea elimina el contraste de la tarea y la vela. Comprender las tareas de los clientes es el primer paso de preparación para desarrollar técnicas de iluminación que cumplan mejor esas tareas. Aunque la luz del día, en su estado libre en exteriores (imagen superior en la Figura 12.24) está frecuentemente implicada en reflejos velados, la luz del día a través de las ventanas, algunos tratamientos de sombra y tragaluces, así como cierta iluminación eléctrica, también pueden ser problemáticos. Con tareas especulares, la geometría de la posición de la tarea en relación con la fuente de luz puede ser un culpable importante. Es menos probable que varias fuentes de luz de menor intensidad y mejor difusión sean un problema. La Figura 12.18 ilustra los problemas de geometría asociados con la iluminación y las configuraciones típicas de pantallas de computadora. La luz proveniente de un área por encima y detrás del observador, un área comúnmente llamada zona ofensiva, creará significativamente reflejos velados si las pantallas de computadora tienen polaridad negativa CSA/ISO Tipo III. Es posible que las condiciones de visualización solo mejoren si se reorienta la pantalla de la computadora, se emplean configuraciones de pantalla de polaridad positiva o se mueve la luz ofensiva.

Cuadro 12.5 | Recomendaciones Predeterminadas de Relación de Luminancia

Intención	Áreas de Interés	Relación [a] Máxima de Luminancia
Mantener atención en la tarea	• **Tarea en papel en la pantalla VDT**	
	• papel a pantalla VDT de polaridad negativa	3:1
	• papel a pantalla VDT de polaridad positiva	1:3
	• **Tarea a superficies de fondo inmediatas**	3:1
	• **Tarea a fondo distante**	
	• tarea para atenuar el fondo distante	10:1
	• tarea a un fondo distante más brillante	1:10
Mantener comfort visual	• **Tarea a fuente de luz**	
	• Tarea a medios de luz diurna	1:40
	• Tarea a luminarias	1:40
	• **Fuente de luz adyacente a superficies con fuente de luz**	
	• superficies-adyacentes-de-luz diurna-a-medios-de-luz diurna	1:20
	• superficies-adyacentes-de-luminaria-a-luminarias	1:20
Minimizar reflecciones tipo velo	• **Todos los monitores CSA/ISO III** • **Monitores de polaridad negativa CSA/ISO I y II en situaciones críticas/altas**	
	• zona de techo y/o pared más brillante para atenuar la luz de techo y/o pared	4:1
	• **Todos los monitores de polaridad positiva CSA/ISO I y II** • **Monitores de polaridad negativa CSA/ISO I y II en situaciones normales/secundarias**	
	• zona de techo y/o pared más brillante para atenuar la luz de techo y/o pared	8:1

a. La relación entre la luminancia promedio de la tarea, área o zona en cuestión y la luminancia promedio de la otra tarea, área o zona en cuestión. Los valores se basan en varias referencias [24] [25] [26].



FIGURA 12.221 EJEMPLO DE COBERTURA DE TAREA

La distinción entre tarea propiamente dicha y área de tarea establece el área sobre la cual se aplican los criterios de objetivo de iluminancia recomendados por IES. Consulte la Tabla 12.6 para conocer las relaciones de iluminancia predeterminadas.

» Imagen © Fuente de la imagen / Corbis

12.5.5 ILUMINANCIA

Los niveles de luz han sido venerados de diversas formas como el santo grial de la iluminación o vilipendiados por su iluminación insípida. Al ser fácil de calcular y medir y por esas razones, conveniente de codificar, la iluminancia se ha convertido casi en el único criterio utilizado en el "diseño de iluminación" arquitectónico de energía normal en muchos proyectos. Las interpretaciones estrictas de la ciencia y la fisiología de la vista y los requisitos técnicos de iluminación concluyen que seis o siete objetivos de nivel de luz de un solo valor pueden satisfacer a todos los usuarios de todas las tareas en todo momento. Sin embargo, esto ha resultado demasiado simplista para abordar la intención del usuario, las cuestiones socioeconómicas y la multitud de tareas y aplicaciones que se presentan en casi todos los proyectos. La iluminancia es un criterio muy sólido cuando todos sus componentes se revisan y abordan en su totalidad. Las iluminancias horizontales y verticales y sus respectivos rangos de uniformidad contribuyen al rendimiento visual y al confort y concentración visual. La iluminancia, tal como se presenta en este manual, se adapta mejor a situaciones específicas del proyecto y, cuando se combina con otros criterios descritos en los capítulos de diseño, puede conducir a:

- Configuraciones que consumen menos energía
- Configuraciones más centradas en el usuario



FIGURA 12.23A | CONTRASTE CROMÁTICO Y RELACIÓN DE LUMINANCIA

1. El contraste cromático es la diferencia de color entre los distintos gráficos de colores y el papel. Las propiedades de color, como el tono, el valor y la croma (consulte 6.4.1 Sistema de color Munsell) y/o la claridad u oscuridad del papel se pueden ajustar para obtener un contraste óptimo, lo cual es más eficiente que aumentar la iluminancia por encima del valor objetivo de iluminancia recomendado por IES.

2. La relación de luminancia entre la tarea y el fondo es el resultado de una diferencia de luminancia entre la tarea propiamente dicha y la superficie de trabajo del fondo. Por lo general, las superficies de trabajo mate de tonos medios a claros (que se muestran aquí) son las mejores.

» Imagen ©Ryan Smith/Somos Images/Corbis



FIGURA 12.23B | CONTRASTE CROMÁTICO

El contraste cromático y de luminancia se utilizan para la atracción e identificación visual, respectivamente. La tarea ilustrada la realizan habitualmente usuarios de edad avanzada. Los objetivos de iluminancia recomendados por IES se determinarán en función de las edades visuales de los usuarios. La luz adicional desperdiciará energía y/o dará como resultado un mayor potencial de deslumbramiento directo y/o reflejado. La luz natural y las lámparas con un IRC superior a 80 son apropiadas para estas situaciones.

» Imagen ©Kristopher Grunert/Corbis



FIGURA 12.23C | EL CONTRASTE CROMÁTICO
El color ayuda a identificar varias muestras y evaluar los resultados de las pruebas. El contraste cromático ayuda a determinar el estado del desarrollo cultural. Los objetivos de iluminancia recomendados por IES para las respectivas tareas tienen en cuenta dicha discriminación de color; sin embargo, la reproducción cromática de la lámpara y las propiedades de temperatura de color son fundamentales en este caso. Las superficies del fondo deben ser neutras.
» Imagen ©Michael Rosenfeld/Science Faction/Corbis

4.12 La Determinación de iluminancia describe este procedimiento más personalizado para establecer criterios de iluminancia, donde el diseñador y el cliente determinan la necesidad de luz. Los respectivos capítulos de aplicación identifican muchas tareas típicas de esas aplicaciones y ofrecen objetivos de iluminancia recomendados para varios planos de interés, respectivos calibres de aplicación como promedio, mínimo y máximo, y relaciones de uniformidad.

12.5.5.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones se refieren a las áreas dentro de las cuales ocurren las tareas. Las tareas se refieren a elementos que transmiten información visual. No es necesariamente apropiado asignar la iluminancia recomendada para una tarea o aplicación específica para cubrir un área más grande que la tarea propiamente dicha o el área de tarea esperada (consulte la Figura 12.22). El diseñador debe determinar cómo se aplican los criterios de iluminancia en cada proyecto. Los siguientes aspectos deberían influir en cómo se aplican los criterios de iluminancia:

- Tamaños y orientaciones de las tareas adecuadas
- Tamaños de las áreas de tareas
- Densidad de las áreas de tareas
- Flexibilidad de las áreas de tareas
- Frecuencia de reordenamientos de las áreas de tareas
- Número de tareas similares involucradas
- Número de tareas diferentes involucradas
- Número y edades de los usuarios involucrados

La intención *del usuario es una referencia a lo que el usuario pretende hacer con una tarea que puede influir en los criterios de iluminancia. Por ejemplo, en una situación de trabajo donde la velocidad y la precisión son importantes, se necesitan 300 lux para leer cualquier texto de la calidad que se muestra en el segundo pasaje desde arriba de la figura 12.20. Sin embargo, en una situación casual donde la velocidad o la precisión o ambas no son tan importantes, 200 lux son suficientes. Así, por ejemplo, los criterios para leer en la cama o en una silla de un salón serán diferentes a los de leer en un escritorio o en un cubículo de biblioteca.*

Una tarea de lectura puede tener un objetivo de iluminancia recomendado por IES de 500 lx para usuarios de entre 25 y 65 años. Esto no quiere decir que toda la habitación deba estar iluminada uniformemente a 500 lx. De hecho, los 500 lx están pensados para su aplicación en la tarea o en el área de lectura. Si el área de lectura es un escritorio, entonces es

importante conocer la ubicación y el tamaño del escritorio. La iluminancia es aditiva y se pueden utilizar varios sistemas para lograr la iluminancia objetivo recomendada en la tarea. Si la sala en la que se realiza la tarea está densamente amueblada y es de tamaño relativamente pequeño, se podría determinar que lo mejor es proporcionar 500 lx en toda la sala. Por otra parte, si la habitación está escasamente amueblada y es de tamaño relativamente grande, se pueden lograr 500 lux en una tarea de papel con al menos dos sistemas de iluminación: un sistema ambiental y un sistema de tareas. Quizás incluso un tercer sistema, la iluminación de acento, puede aportar una pequeña cantidad de iluminancia. No todas las tareas son tareas de lectura. Las figuras 12.25 y 12.26 identifican una variedad de aplicaciones para las cuales algunas o muchas tareas visuales clave no implican la lectura.

Si bien puede acelerar el proceso de diseño y acomodar diversas tareas en diversos lugares, iluminar áreas o habitaciones enteras para abordar la tarea con el valor único más alto de iluminancia puede ir en contra de prácticas eficientes y sostenibles. Retrasar la planificación interior de la ubicación de escritorios o sillas ya no es un lujo que se permite gastando más vatios. Estos elementos deben planificarse junto con la arquitectura y la ingeniería de los sistemas constructivos. El uso de sistemas de tarea, ambiente y acento da como resultado entornos visualmente más ricos y variados. Normalmente, los objetivos de iluminancia para las zonas de circulación están previstos para todo el espacio.

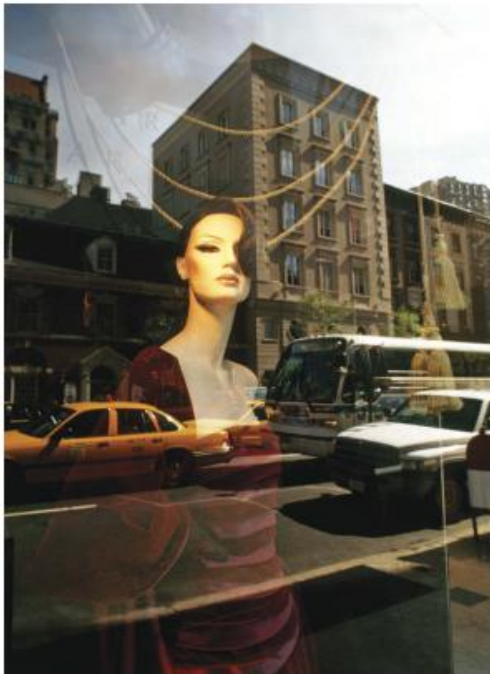




Figura 12.24 | Reflejos velados Los escaparates (imagen superior) exhiben reflejos velados día y noche. Sin embargo, durante el día estos pueden ser tan importantes que los compradores de escaparates no pueden ver la mercancía o incluso determinar si la tienda está abierta al público. Inclinar la ventana hacia afuera y hacia abajo en la parte superior, introducir toldos y/o usar vidrio anti-reflectante/con bajo contenido de hierro puede mitigar parte o gran parte del reflejo del velo, dependiendo de la extensión de la solución. Las pantallas de ordenador, televisores y otros dispositivos con iluminación propia son susceptibles a reflejos velados (imagen inferior). Las condiciones de iluminación, el ángulo de visión, las cualidades de la pantalla CSA/ISO y la configuración de la resolución de la pantalla afectan el grado en que los reflejos velados son problemáticos, si es que lo son. Las luminancias de ventanas y tragaluces, luminarias, superficies de habitaciones y/o la ropa de los espectadores pueden reflejarse intensamente, sutilmente o no reflejarse en absoluto en las pantallas de ordenador. Las pantallas aquí son de contraste positivo CSA/ISO Tipo III y no rivalizan con las luminancias de la luz del día. » Imagen superior ©Corbis » Imagen inferior ©Frederic Cirou/PhotoAlto/Corbis

12.5.5.2 DETERMINACIÓN DE LA ILUMINANCIA RELACIONADA CON LA EDAD

Cuando el sistema visual alcanza los 65 años, puede requerir cuatro veces la cantidad de luz que necesitaba a los 20 años. En este manual, las recomendaciones de IES abordan esta amplia disparidad asignando tres valores objetivo a cada tarea o aplicación en función de las edades visuales de los observadores:

1. Un valor objetivo para situaciones en las que la edad visual de al menos la mitad de los observadores o usuarios es <25 años.

2. Un segundo valor objetivo donde la edad visual de al menos la mitad de los observadores esté entre 25 y 65 años.

3. Un tercer valor objetivo donde la edad visual de al menos la mitad de los observadores sea >65 años. La distinción "edad visual" respalda entornos en los que los observadores pueden tener cronológicamente menos de 65 años, pero sus sistemas visuales exhiben características similares a las de individuos con una edad cronológica superior a 65 años. El diseñador debe determinar las edades visuales basándose en encuestas de las condiciones existentes y entrevistas con los usuarios. En cualquier caso, las recomendaciones del manual abordan las necesidades visuales de las personas con visión normal. Consulte el documento IES ANSI/IES RP-28 Iluminación y entorno visual para personas mayores para obtener recomendaciones relacionadas con las necesidades visuales de las personas mayores con visión parcial. La distinción "la mitad de los observadores" respalda la necesidad de desviaciones de iluminancia significativas basadas en las edades visuales de los usuarios y las expectativas de tareas y desempeño del grupo. El diseñador puede determinar que la distinción de edad se aplica a un usuario único incluso cuando las tareas o la aplicación involucran a muchos usuarios. Quizás los objetivos de iluminancia se basen en la edad de ese usuario único porque, por ejemplo, ese usuario es de notable importancia o realiza tareas de gran importancia. En algunas situaciones, esta distinción se puede lograr con una iluminación de trabajo adecuada. En otras situaciones, tal distinción puede tenerse en cuenta con iluminación ambiental adecuada. Las técnicas de iluminación y la solución atenderán a los criterios de iluminancia. Sin embargo, si se puede lograr una mayor luminancia y contraste con mejores reflectancias de superficie y técnicas de contraste, se deben implementar estas prácticas más sostenibles antes de aumentar la iluminancia. Por ejemplo, en una situación de escalera donde más de la mitad de los usuarios previstos tienen más de 65 años y los acabados son monocromáticos y de baja reflectancia, aumentar por sí solo la iluminancia de la escalera de 100 lx nominales a 200 lx no aumentará notablemente la visibilidad. Si las escaleras tienen un acabado con paredes de madera oscura y pisos de granito oscuro, incluso 300 lx no mejorarán apreciablemente las luminancias, el contraste y la visibilidad en la escalera; las escaleras se sentirán oscuras y estarán oscuras. El uso de acabados de paredes y pisos de colores claros y la adición de bordes de un color contrastante contra los escalones mejorarán en gran medida las luminancias y el contraste sin aumentar la potencia de iluminación conectada.

Otra consideración importante del diseño es el contexto del espacio. Si los usuarios ingresan a un vestíbulo directamente desde exteriores con iluminación natural o atrios luminosos, entonces se necesitan mayores luminancias interiores durante las horas del día. Los ojos mayores tardan más en adaptarse de un brillo a otro. Por lo tanto, el vestíbulo donde se espera que más de la mitad de los usuarios tengan más de 65 años debe iluminarse con el valor de iluminancia "diurna" para observadores mayores de 65 años y debe diseñarse con superficies mate de alta reflectancia. Los vestíbulos que exhiben mayores distancias para atravesar entre la puerta de entrada/salida al siguiente espacio interior ayudan en el proceso de adaptación y deben ser considerados por los arquitectos y diseñadores de interiores. Por supuesto, durante las horas de oscuridad este mismo vestíbulo debe atenuarse para evitar un efecto de adaptación inversa cuando la gente sale al exterior más oscuro. Se hacen citas de criterios de iluminancia diurna y nocturna cuando las respectivas aplicaciones merecen tales distinciones. Las situaciones de escalera y vestíbulo son sólo algunos ejemplos. El diseñador está obligado a trabajar en estos escenarios en contexto con los espacios adyacentes, los usos previstos y los efectos en el grupo de edad de los usuarios. Los objetivos de iluminancia de IES en este manual se basan en más de un siglo de investigación y experiencia en aplicaciones con vista y luz y son indicativos de condiciones apropiadamente seguras, cómodas y productivas durante el funcionamiento con energía normal cuando se diseñan adecuadamente. Como ha sido la práctica en el pasado, particularmente cuando están involucrados múltiples grupos de edad, el diseñador debe evaluar

las tareas y las edades visuales de los observadores, hacer un juicio preliminar sobre los objetivos de iluminancia y luego revisarlos con los clientes para establecer la dirección. Independientemente de la recomendación de iluminancia de IES, se deben cumplir todos los requisitos del código con respecto a la iluminancia y otros aspectos de iluminación. Las autoridades encargadas del código tienen la determinación final sobre las iluminancias. Ver 12.7 Factores prescritos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

12.5.5.3 TAREAS ACTUALIZADAS, NUEVAS O NO DOCUMENTADAS

Muchas tareas y aplicaciones nuevas y actualizadas se citan con recomendaciones de iluminancia en este manual. Las tareas no citadas o las tareas visuales más nuevas requieren que el diseñador realice evaluaciones de campo de la tarea o tareas para las iluminancias, promedios, mínimos y máximos horizontales y verticales para establecer objetivos apropiados. Si no es posible realizar evaluaciones de campo, entonces las tareas o aplicaciones estrechamente asociadas podrían considerarse coincidencias. Si esto no logra establecer un valor objetivo con el que el diseñador y el cliente se sientan cómodos, entonces se debe revisar la Tabla 4.1 | Las iluminancias objetivo recomendadas están en orden. Se debe realizar una evaluación de la tarea visual nueva o no incluida en la lista en comparación con las características de la aplicación y la tarea y las citas de desempeño visual para determinar un objetivo de iluminancia.

12.5.5.4 ILUMINANCIAS VERTICALES Y HORIZONTALES

Las iluminancias son específicas del plano de tarea y de la orientación. Los valores objetivo suelen citarse para planos verticales y horizontales. La mayoría de las tareas se orientan principalmente en un solo plano, conocido como plano primario. Leer un libro de papel sobre una mesa coloca el plano primario en la superficie horizontal. El valor objetivo para el plano secundario sigue siendo de interés a efectos de flexibilidad de visualización de tareas, asistencia para mantener cierto grado de luminancia de fondo y realización de tareas secundarias asociadas, como el reconocimiento facial durante las conversaciones en el escritorio. La mayoría de los programas de diseño de iluminación calculan fácilmente las iluminancias horizontales y verticales.

12.5.5.5 RELACIONES DE ILUMINANCIA

Los objetivos de iluminancia recomendados por IES están destinados a abordar la tarea propiamente dicha o el área de la tarea. Las relaciones de iluminancia se utilizan para limitar las variaciones de iluminancia y mantener la visibilidad y el confort visual en las proximidades de la tarea. La aplicación de relaciones de iluminancia a áreas de tareas ofrece cierto grado de flexibilidad local para que el usuario pueda realizar múltiples tareas y ajustarlas. Una relación de iluminancia de 1,5 a 1 (1,5:1) de promedio a mínimo (avg:min) en toda el área de tarea es apropiada para situaciones de trabajo típicas. Si no hay información de planificación específica disponible, se considera que el área de tarea se extiende 1' 6” frente a la posición del observador y 0' 9” a cada lado para una huella total del área de tarea de 1' 6” por 1' 6” . [27] Para limitar aún más la distracción y la incomodidad, un margen o perímetro de 1’ 6” alrededor del área de la tarea debe exhibir una iluminancia que sea dos tercios de la iluminancia de la tarea. La figura 12.22 identifica la tarea propiamente dicha, el área de tarea y margen de tarea en un ejemplo de cobertura de tarea. Una relación de iluminancia de 5 a 1 de máximo a mínimo a la altura del plano de trabajo en toda una habitación o área grande es apropiada para entornos de trabajo típicos. [28] Muchas de las recomendaciones de iluminancia de IES citadas en los respectivos capítulos de aplicación incluyen relaciones de iluminancia. En situaciones donde el desempeño de tareas analógicas o electrónicas de lectura y escritura se mantiene en el tiempo o donde se requiere concentración, las relaciones de iluminancia resumidas en la Tabla 12.6 son apropiadas.



FIGURA 12.25 | TAREAS VISUALES

Muchos de los componentes visuales de las aplicaciones implican tareas distintas a la lectura. La imagen superior ilustra una aplicación de sala limpia que se encuentra en instalaciones de biotecnología e instalaciones de producción o investigación de semiconductores. Muchas tareas de sala limpia son de naturaleza crítica e involucran bancos de trabajo con iluminación superior localizada para una inspección minuciosa. Un hangar de aviones en la imagen del medio podría usarse para la limpieza y el mantenimiento de la nave. Las superficies de alta reflectancia, la luz natural difusa y la luz eléctrica facilitan las inspecciones y los trabajos de mantenimiento. En la producción de vehículos, el control de calidad

implica una serie de tareas de inspección visual para: ajuste; acabado, color, abolladuras, rayones y daños. Para facilitar las tareas visuales se utilizan iluminancias, uniformidades y selección de lámparas y luminancias de luminarias. » Imagen ©Frithjof Hirdes/Corbis » Imagen ©Monty Rakusen/cultura/Corbis » Imagen ©2010 Bloomberg/Getty

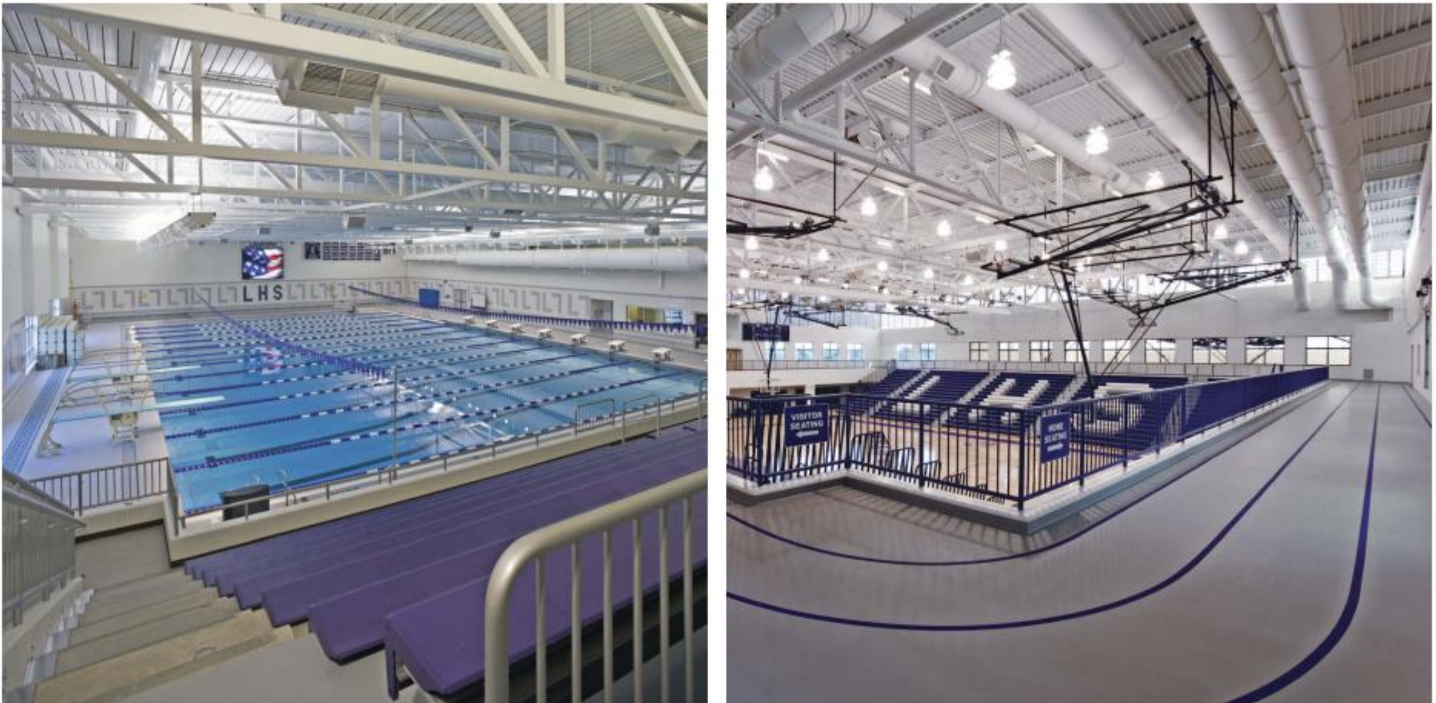


Figura 12.26 | Tareas visuales

En la imagen de la izquierda, las luces ascendentes de halogenuros metálicos cumplen con los criterios de iluminancia para la piscina y la plataforma y abordan los criterios objetivo de 500 lx de iluminancia promedio horizontal mantenida (E_h) y 200 lx de iluminancia promedio vertical mantenida (E_v) en toda la piscina y la plataforma. E_v a 5' AFF. Se utiliza acentuación para destacar los inicios y los giros, abordando un criterio objetivo de 1000 lx de iluminancia promedio horizontal mantenida en la interfaz piscina-cubierta. La iluminación eléctrica y la iluminación natural están dispuestas para minimizar los reflejos de velo desde la superficie del agua hasta las gradas. Las tareas visuales asociadas con los deportes de interior se realizan mediante un sistema "orientado a tareas" de luminarias refractoras colgantes de halogenuros metálicos directas/indirectas ubicadas sobre el piso de madera en la imagen de la izquierda. Un sistema "ambiental" de luminarias indirectas de halogenuros metálicos ubicadas en las vigas introducen luminancia de fondo para limitar el deslumbramiento de las luminarias. Estos sistemas de iluminación fueron diseñados para cumplir con el criterio objetivo de 1000 lx de iluminancia promedio horizontal mantenida en la cancha de madera dura. Las luminarias indirectas cuando se usan solas también proporcionan un nivel de iluminancia relativamente bajo para situaciones no deportivas. se mantienen bien hacia el interior del triforio perimetral, aprovechando la luz del día y los criterios de iluminación más bajos necesarios para la vía y la circulación general.
» Imágenes ©Bill Lindhout Photography

12.5.5.6 ILUMINACIONES EXTERIORES NOCTURNAS

Además de las características de la tarea, la importancia de la tarea y las características del observador (consulte 4.12 Un sistema de determinación de iluminancia), los criterios de iluminancia exterior nocturna deben basarse en el nivel esperado de actividad exterior nocturna y en las condiciones de iluminación ambiental exterior del lugar. Es probable que los niveles de actividad cambien en el transcurso de una tarde o de una noche a otra. La iluminación en estas situaciones debe responder a los diferentes niveles de actividad para minimizar los efectos de la luz en el ambiente nocturno exterior,

minimizar los efectos en los dormitorios interiores y reducir el uso de energía. Un modificador adicional de las iluminancias tiene en cuenta los estados de adaptación de los usuarios. Cuando los usuarios están adaptados mesópicamente, la eficacia luminosa de una fuente de luz se ve fuertemente afectada por el lugar del rango mesópico en el que está adaptado el usuario. Como se indica en 4.12.3 Efectos espectrales, la adaptación para tareas foveales está impulsada por las luminancias en los 10° centrales del campo visual y está en un estado mesópico cuando esas luminancias están en un rango entre aproximadamente 10 cd/m^2 hasta 0,001 cd/m^2. Ver Tabla 2.1 | Estados de adaptación de la visión. Estas son luminancias que se experimentan, por ejemplo, al observar un pavimento de baja reflectancia iluminado en un rango entre aproximadamente 5 lx y 0,0005 lx. A modo de comparación, el crepúsculo náutico podría producir 1 lux, una luna llena podría producir 0,5 lux y un cielo completamente despejado durante el crepúsculo astronómico podría producir 0,001 lux.

Cuadro 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada

Intención	Áreas de Interés	Relación de Iluminancia Máxima
Mantener visibilidad	• **Tarea propiamente dicha**	
	promedio a mínimo en toda la tarea propiamente dicha	1.5:1
	• **Área de la tarea**	
	promedio a mínimo en toda la tarea propiamente dicha	1.5:1
Matener concentración	• **Margen de tarea**	
	promedio a mínimo en todo el margen de la tarea	2:1
	• **Tarea propia del margen de tarea**	
	promedio a promedio entre la tarea propiamente dicha y el margen de la tarea	1.5:1
	• **En todo el espacio de trabajo que comprende las áreas de tareas.**	
	máximo en la tarea propiamente dicha o área al mínimo en todo el espacio de trabajo	5:1

Generalmente, cuanto menor es el estado de adaptación, más eficaz es la luz de longitud de onda corta y menos eficaz es la luz de longitud de onda larga. La relación escotópica/fotópica (S/P) es un indicador de la cantidad relativa de luz de longitud de onda corta producida por una fuente. Algunas relaciones S/P típicas se muestran en la Tabla 6.8 | Propiedades colorimétricas de algunas lámparas. Muchas hojas de especificaciones de lámparas informan la relación S/P. Si se conocen el estado de adaptación del observador y la relación S/P de la fuente, entonces la eficacia de la lámpara en ese estado de adaptación se puede determinar en relación con su eficacia para el supuesto habitual de adaptación fotópica en el que se basan las recomendaciones de iluminancia de IES. La figura 4.27 identifica multiplicadores que expresan esta eficacia cambiante; tanto con respecto a la relación S/P como al estado de adaptación expresado como luminancia.

Un ejemplo para determinar los criterios de iluminancia podría adoptar esta forma. Un pequeño campus universitario en un entorno rural está en proceso de remodelación y ampliación. Un proyecto incluye el diseño de iluminación en los senderos centrales que conectan varios edificios de aulas con la administración central, un teatro comunitario, un auditorio, una biblioteca, un comedor, una residencia y un estacionamiento. Con el aporte del equipo de diseño, los administradores de la universidad deciden iluminar sólo un camino clave que conecta todas estas instalaciones. El camino está adyacente a un borde del estacionamiento, pero está alejado de calles y caminos. En la Tabla 12.7 se describe un proceso para determinar la iluminancia en este proyecto en particular.

Utilizando el método descrito en 4.12.3 y la Figura 4.27, los multiplicadores mesópicos ajustan los criterios de iluminancia para tener en cuenta la luminancia fotópica de fondo anticipada y los espectros de las lámparas bajo consideración. En el ejemplo de la Tabla 12.7, en la fase de diseño, esto significa que los criterios de iluminancia deberían aumentarse si se consideran lámparas HPS con S/P de 0,60 para la situación de diseño específica analizada aquí o disminuir si se consideran lámparas CMH con S/P de 0,60. Se están considerando P de 1,38 o 1,81. Esto puede afectar las potencias de las lámparas, las selecciones y diseños de luminarias y puede afectar en gran medida las cargas conectadas o los esquemas de control para el funcionamiento nocturno. Si se consideran lámparas LED, entonces se requieren sus datos S/P y fotometría.

Las iluminancias muy bajas en este ejemplo dan como resultado estados de adaptación mesópicos y el diseñador debe tener en cuenta el efecto de la selección de la lámpara en los criterios de iluminancia. En última instancia, el diseñador de iluminación revisa todo esto con el planificador del campus, el arquitecto paisajista, el comité del edificio y tal vez el presidente. Se harían revisiones según sea necesario, incluido cualquier criterio posterior al toque de queda. Aunque aquí la solución 4000 K CMH puede ofrecer la carga conectada más baja, se hace una maqueta para evaluar sus cualidades de color. El equipo podría determinar que una solución de 3000 K ofrece un mejor equilibrio entre las características del color, la eficiencia y los criterios de iluminancia. Con iluminancias tan bajas, es posible que no haya lámparas de descarga de alta intensidad disponibles con una potencia suficientemente baja para cumplir los criterios de uniformidad. En este caso, las opciones CFL y LED pueden ser las mejores. Véase también la Tabla 26.6 | Hoja de trabajo de ejemplo de multiplicador mesópico de la plataforma de estacionamiento.

Cuadro 12.7 | Hoja de Trabajo de Ejemplo de Multiplicador Mesópico de Vía Peatonal

Paso	Proceso	Para Este Ejemplo
1	**Establecer Criterios Recomendados de Iluminancia Fotópica** La iluminancia afecta la luminancia fotópica. Identificar los criterios de iluminancia fotópica horizontal (E_h) y vertical (E_v) **Generalmente, las situaciones con un nivel de actividad más bajo y menos concurridas necesitan menos luz que las situaciones con mayor actividad y más concurridas. Los criterios de iluminancia deben ser más bajos en entornos al aire libre de baja actividad.**	Establecer criterios de iluminancia para una vía peatonal de un campus universitario pequeño rural "lejos de carreteras o calles".
1a	**Determine la zona de iluminación exterior nocturna** Generalmente, las zonas de iluminación exterior de menor rango son inherentemente más oscuras que sus contrapartes de mayor rango. Los criterios de iluminancia pueden y deben ser más bajos en las zonas de iluminación exterior de menor rango.	• LZ1 zona de iluminación
1b	**Determinar el Nivel de Actividad Nocturna al Aire libre** Generalmente, las situaciones con un nivel de actividad más bajo y menos concurridas necesitan menos luz que las situaciones con mayor actividad y más concurridas. Los criterios de iluminancia deben ser más bajos en entornos al aire libre de baja actividad.	• nivel de baja actividad
1c	**Determinar la Edad Visual de los Observadores** Los observadores jóvenes típicamente requieren menos luz que los observadores de más edad	• edades visuales <25 años de edad
1d	**Finalizar los Criterios de Iluminancia Fotópica Recomendados** Con base en los resultados de 2a, 2b y 2c, identifique los criterios de iluminancia fotópica horizontal (E_h y vertical (E_v) para vías peatonales de campus universitarios pequeños rurales distantes de carreteras o calles.	• $E_{hfotópica}$ = 2 lx promedio, mantenido • $E_{vfotópica}$ = 1 lx promedio, mantenido
2	**Estimar las Reflectancias de la Superficie** Las reflectancias también afectan la luminancia fotópica. Proponer reflexiones preliminares.	
	• Reflectancia del camino y de la cobertura del suelo (ρ_{suelo})	10 % (0.10)
	• Elementos verticales circundantes ($\rho_{alrededores}$)	5 % (0.05)
	• Elementos elevados circundantes ($\rho_{alrededores}$)	0 % (0)
3	**Determinar la Luminancia Fotópica** Para el promedio L(fotópico) en el campo de visión del observador, sume y promedie las luminancias relevantes.	
	a. $L_{fotópica}$ del suelo = $(E_h \times \rho_{suelo}) \div \pi$	0.064 cd/m^2
	b. $L_{fotópica}$ = $(E_v \times \rho_{cielo}) \div \pi$	0 cd/m^2
	c. $L_{fotópica}$ de la vertical de los alrededores = $(E_v \times \rho_{alrededores}) \div \pi$	0.016 cd/m^2
	d. $L_{fotópica}$ del medioambiente = **Contribución promedio de** $L_{fotópica}$ identificada en a,b y sobre c $L_{fotópica}$ del medioambiente = ((2x $L_{fotópica}$ del suelo +(2x $L_{fotópica}$ del cielo) +(1x $L_{fotópica}$ de la vertical de los alrededores)) ÷ 5	0.029 cd/m^2
4	**Estado de Adaptación** Confirmar que la luminancia del entorno pone al observador en un estado mesópico de adaptación (≤3 cd/m2).	Sí, el estado de adaptación es mesópica
5	**Multiplicadores Mesópicos** Determine multiplicadores para ajustar los valores objetivo de iluminancia fotópica recomendados para la adaptación mesópica	
	• 2000 K HPS multiplicador de criterios de iluminancia	1,3
	• 3000 K CMH multiplicador de criterios de iluminancia	0,84 (55% mejor que los 2000 K HPS)
	• 4000 K CMH multiplicador de criterios de iluminancia	0,71 (83% mejor que los 2000 K HPS)
6	**Criterios de Iluminancia Mesópica Recomendados** Objetivo de iluminancia recomendado ajustado según la selección de lámpara.	
	2000 K HPS (multiplicar las dianas (objetivos) de iluminancia fotópica por 1,30)	• $E_{hmesópica}$ = 2,6 lx promedio, mantenido • $E_{vmesópica}$ = 1,3 lx promedio, mantenido
	3000 K CMH (multiplicar las dianas (objetivos) de iluminancia fotópica por 0,84	• $E_{hmesópica}$ = 1,7 lx promedio, mantenido • $E_{vmesópica}$ = 0,8 lx promedio, mantenido
	4000 K CMH (multiplicar las dianas (objetivos) de iluminancia fotópica por 0,71	• $E_{hmesópica}$ = 1,4 lx promedio, mantenido • $E_{vmesópica}$ = 0,7 lx promedio, mantenido

Referencia y justificación

Este es un escenario de iluminación exterior tipo "qué pasaría si" para determinar si los observadores estarán en un estado mesópico de adaptación y, de ser así, el alcance de los efectos espectrales de la fuente de luz en los criterios de iluminancia. La adaptación mesópica es típica en situaciones donde es probable que la iluminancia sea 10 lx o menos, promedio, mantenido. La zona de iluminación exterior, el nivel de actividad exterior y las edades de los observadores deben afectar los criterios de iluminancia que propone el diseñador de iluminación. Los criterios de iluminancia para vías peatonales se basan en 26.2.9 Vías para peatones y vías para bicicletas , Tabla 26.2 | Recomendaciones de iluminación exterior/VÍAS PARA PEATONALES Y VÍAS PARA BICICLETAS, y Tabla 4.1. Consulte la Tabla 26.61 Hoja de trabajo de ejemplo de multiplicador mesópico de plataforma de estacionamiento para situaciones interiores/exteriores con poca luz.

Se propone que la zona de iluminación o LZ para el entorno de una pequeña universidad rural sea realizada por la persona responsable del diseño de iluminación. Ver Tabla 26.4 | Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna.

El diseñador de iluminación propone que el volumen de actividad sea bajo. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

En este campus universitario, más de la mitad de la edad visual de los observadores es menor de 25 años. Consulte la Sección 4.12.1.2 Características del observador.

Recomendación del diseñador al equipo y al cliente según la Tabla 4.1 Categoría C, iluminancia mantenida promedio, edades visuales de al menos la mitad de los observadores tienen <25 años, nivel de actividad bajo, zona de iluminación exterior nocturna LZ1. La iluminancia se aplicará de manera uniforme (4:1 prom:min y 10:1 max:min) y de forma continua.

Discreción del diseñador y típicamente 1/3 a 1/2 E_h . La iluminancia se aplicará de manera uniforme (4:1 promedio: mín. y 10:1 máx.: mín.) y de forma continua.

Se supone que la superficie del camino es de grava y la cubierta de césped y suelo de color verde oscuro exhiben una reflectancia agregada del 10 por ciento.

Se supone que los árboles y algunas superficies de edificios de ladrillo oscuro exhiben una reflectancia agregada del 5 por ciento.

El cielo comprende la mayor parte del entorno aéreo y exhibe una reflectancia del 0 por ciento.

El campo de visión binocular del observador se puede definir para alguna ubicación en una vía peatonal con el suelo y los alrededores superiores subtendiendo alrededor de 2 estereorradián cada uno de ángulo sólido y el entorno vertical subtendiendo 1 estereorradián de ángulo sólido para un total de 5 estereorradián.

Al promediar las luminancias fotópicas mediante ángulos sólidos (en estereorradianes) se obtiene el valor de luminancia fotópica que se utilizará en la Figura 4.27.

Ver Tabla 2.1 | Estados de adaptación de la visión.

Utilice la "$L_{fotópica}$ del valor ambiental" de 0,05 cd/m^2 del Paso 4 para determinar los multiplicadores de la Figura 4.27.

Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas HPS de 2000 K con S/P de 0,60 para este ejemplo específico.

Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas CMH de 3000 K con S/P de 1,38 para este ejemplo específico.

Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas CMH de 4000 K con S/P de 1,81 para este ejemplo específico.

Criterios de iluminancia mesópica recomendados si para este ejemplo específico se proponen lámparas HPS de 2000 K con S/P de 0,60.

Criterios de iluminancia mesópica recomendados si se proponen lámparas CMH de 3000 K con S/P de 1,38 para este ejemplo específico.

Criterios de iluminancia mesópica recomendados si se proponen lámparas CMH de 4000 K con S/P de 1,81 para este ejemplo específico.

12.5.5.7 CÁLCULOS DE ILUMINANCIA

La iluminancia depende de la luz del día, de la luz eléctrica o de alguna combinación. En la mayoría de situaciones interiores, las reflectancias de paredes, techos y pisos afectan la iluminancia. En muchas situaciones exteriores nocturnas, poco o ningún componente de “rebote reflejado” contribuye a la iluminancia. Cuando se trata de luz eléctrica, se utiliza la fotometría de las luminarias para realizar los cálculos. El pedigrí fotométrico es importante para la precisión de los cálculos; se debe utilizar la fotometría más reciente realizada por laboratorios de pruebas externos que está disponible a través de los proveedores de luminarias. Ver 10 | CÁLCULO DE LA LUZ Y SUS EFECTOS, 15.1.2.5 Pedigríes Fotométricos, y 15.3 Modelado.
El pedigrí fotométrico es importante para la precisión de los cálculos. Los proveedores de luminarias pueden obtener las últimas pruebas fotométricas. Estas pruebas deben ser generadas por laboratorios de pruebas de terceros u otros laboratorios acreditados por programas de certificación aprobados por el gobierno, como el Programa Nacional Voluntario de Acreditación de Laboratorios de los Estados Unidos. Las pruebas fotométricas deben realizarse de acuerdo con los métodos de prueba de IES.

El pedigrí fotométrico *es aquí una referencia a la documentación formal actual de los datos de salida de luz para una combinación específica de luminaria, lámpara y balastro/controlador/transformador probada según los procedimientos de prueba de IES.*

12.5.5.8 GUÍA PARA DIVERSAS TAREAS Y USUARIOS

La mayoría de los espacios son utilizados por una variedad de ocupantes. Estos usuarios pueden tener edades visuales significativamente diferentes y realizar una serie de tareas, algunas de las cuales no exigen la misma iluminancia para un desempeño satisfactorio. Existen varios métodos para manejar las posibles desigualdades de iluminancia entre las edades de los diferentes usuarios y las diferentes tareas. Cualquiera que sea el método empleado y documentado, debe ser racional y razonable, pero, más importante aún, debe ofrecer una solución eficiente y práctica que sea revisada y aceptada por el cliente.

Aquí se explora un método para abordar las desigualdades entre las edades visuales de diferentes usuarios y las diferentes tareas. Cuando ocurren múltiples tareas y edades visuales, establezca las edades visuales de los usuarios y agrúpelas de acuerdo con las categorías de edad visual de IES: al menos la mitad de los observadores exhiben una edad visual de <25 años; o de 25 a 65 años; o >65 años (consulte la Sección 4.12.1.2 Características del observador). Dentro de cada grupo de edad visual, haga una lista de tareas y cite los objetivos de iluminancia horizontal y vertical para las edades visuales previstas de los usuarios, junto con el indicador objetivo de promedio, mínimo o máximo y la relación de iluminancia asociada con cada tarea. Tareas grupales que exigen los mismos criterios de iluminancia. Es razonable que dos o tres tareas exijan un conjunto de criterios de iluminancia, mientras que otras dos o tres tareas exijan otro conjunto de criterios de iluminancia para la edad visual de un grupo de usuarios en particular. Podrían existir tareas atípicas (tareas únicas) que exigen criterios de iluminancia aún diferentes para la edad visual de un grupo de usuarios en particular. De esta lista, priorice las tareas según el tiempo de duración esperado, la importancia o la dirección del cliente. De manera similar, priorice las edades visuales según el tiempo de duración esperado, la importancia o la dirección del cliente. Si todas las tareas y edades visuales convergen a la misma iluminancia, entonces este es el objetivo de diseño para el área de tareas. Si la iluminancia objetivo para la tarea que requiere la mayor cantidad de luz para la edad visual más alta se adapta a todas las tareas y edades visuales, entonces revise esta opción con el cliente. "Acomodar" aquí significa que las iluminancias de las tareas visuales no están separadas por más de tres categorías y ninguna tarea, grupo de edad visual u otro criterio se verá afectado negativamente con el objetivo de diseño de iluminancia establecido, incluidos los presupuestos de energía. Revise las iluminancias del plano horizontal y vertical. Cuando un objetivo de diseño de iluminancia es bastante alto en relación con los de otras tareas, o está en un plano diferente, considere si los sistemas de iluminación ambiental y de tareas pueden abordar las desigualdades. Un sistema de iluminación ambiental puede abordar todos los requisitos de iluminancia, excepto los más altos, que luego pueden abordarse con iluminación de trabajo, por

ejemplo. Además, la iluminación regulable para tareas puede adaptarse a tareas en las que se recomiendan objetivos de iluminación más bajos si esas tareas se realizan durante largos períodos de tiempo (por ejemplo, más de una hora). Si las iluminancias de las diversas tareas visuales están separadas por más de tres categorías, entonces se deben utilizar las prioridades de tarea y de edad visual para establecer la tarea o tareas realizadas con mayor frecuencia o más importantes. La iluminancia debe establecerse en consecuencia. Estas y otras técnicas deben revisarse con los clientes para lograr su acuerdo.

12.5.6 CONSIDERACIONES SOBRE EL COLOR

Varias consideraciones relacionadas con el color involucran el color de la superficie de la habitación, la reproducción cromática y la temperatura del color. La luz, sin importar su génesis, afectará el color de la superficie y exhibirá su propia calidad distintiva de color de luz plasmada en la reproducción cromática y la temperatura del color. Después de un poco de experiencia, que puede no ser más que ver una variedad de lámparas modernas y evaluar sus características de color, será evidente que las diferencias de color en las lámparas son visualmente significativas, pueden resultar molestas y pueden afectar las percepciones de los usuarios. La reproducción cromática de la lámpara influye en los colores de la superficie, neutralizándolos o saturándolos. La temperatura de color de la lámpara influye en la “frescura” o “calidez” de un espacio, aunque esto depende en cierta medida de los colores de la superficie de la habitación y de la reproducción cromática de las lámparas. Haga coincidir los CCT de las lámparas para evitar variaciones aparentes de intensidad y tono de la luz blanca de una lámpara a otra o de una luminaria a otra. Las lámparas con una diferencia de 200 K entre sí parecerán coincidir bastante bien a menos que se coloquen muy cerca unas de otras o estén en un grupo de lámparas que iluminen una superficie blanca, en cuyo caso la luz reflejada es notablemente diferente entre las lámparas que no coinciden. La combinación del CRI también minimiza el tono de blanco y las variaciones de intensidad aparente. Las lámparas con CCT iguales o casi idénticos deben exhibir CRI de al menos 80 y que estén dentro de los 10 puntos de diferencia entre sí.

Hacer coincidir los CCT y CRI de las fuentes de luz eléctrica con la luz natural no es práctico. Las cualidades del color de la luz del día varían tan significativamente según la hora del día, la época del año y las condiciones del cielo, que las luces eléctricas, incluso si las cerillas fueran técnicamente factibles de manera eficiente, no podrían seguir las grandes variaciones de la luz del día. Cualquier intento de utilizar lámparas de 4100+ K con luz diurna debe moderarse sabiendo que es probable que estas lámparas se apaguen durante la mayoría de las condiciones de luz diurna cuando dicha coincidencia es visualmente obvia. En condiciones de oscuridad, las lámparas de 4100+ K exhiben una apariencia que puede considerarse dura e institucional. Algunos clientes descartan las lámparas fluorescentes. Entre los motivos: color de la luz; rendimiento de color; y lastrado. Por ejemplo, hoy en día quedan suficientes equipos de iluminación de la generación anterior como para que el comentario de un cliente que desprecie la iluminación fluorescente pueda basarse en su experiencia reciente. La revisión de las condiciones existentes puede revelar balastros electromagnéticos, que generalmente exhiben un ligero zumbido audible y producen un parpadeo de la lámpara visible para algunas personas, y una luz pálida, fría, de color blanco verdoso, procedente de halofosfatos con bajo CRI e incluso de algunas lámparas fluorescentes de trifósforo estándar. Luego, se puede utilizar una maqueta simple de lámparas de trifósforo de lujo 82+ CRI con balastos electrónicos para educar a los clientes sobre los avances en iluminación. Cuando es necesario igualar la calidad de las incandescentes, las lámparas de 2700 K y 3000 K que exhiben un CRI de 82+ son apropiadas. Cuando es necesario igualar la calidad de las halógenas, las lámparas de 3000 K que exhiben un CRI de 82+ son apropiadas. Las lámparas de 3500 K disponibles con 82+ CRI ofrecen una calidad de luz blanca neutra. Las lámparas de 4100 K disponibles con 82+ CRI ofrecen una calidad de luz blanca fría. Las lámparas de 5000 K que exhiben un CRI de 80+ ofrecen una calidad de luz blanca y azul nítida. Estas lámparas de temperatura de color más alta pueden considerarse duras, frías e institucionales en apariencia si no hay luz natural para contrastar.

Muchos estudios realizados durante el último siglo sobre las preferencias, percepciones y desempeño de los usuarios con respecto a CCT y CRI no han arrojado un respaldo consistente o definitivo de un CCT y CRI en particular sobre otro dentro de la gama de lámparas eficientes disponibles comercialmente. Podría decirse que es un enfoque “intermedio” de 3000 K a 3500 K con 80+ CRI parece mejor respaldado por algunos de los estudios en algunas ocasiones para satisfacer las preferencias y el rendimiento razonablemente bien. Se deben examinar las afirmaciones sobre los beneficios para la salud o la eficiencia de las lámparas que presentan CCT, CRI o SPD particulares. Aunque muchos estudios se centran en lámparas

de 4100 K, no está claro si esto se perpetúa a sí mismo, es decir, los investigadores están permitiendo que la práctica común impulse estas selecciones en los estudios. Independientemente, se recomienda con los clientes revisiones de maquetas de los acabados previstos del proyecto según las iluminancias objetivo del proyecto utilizando CCT y CRI de lámparas propuestas o diversas antes de finalizar las selecciones.

Recursos de color IESH/10e
> 4.8.4 Percepción de profundidad
• para más información sobre superficies coloreadas
> 6.2.5 Temperatura de color y correlación
Temperatura del color
• para más información sobre la apariencia de las lámparas energizadas
> 6.3 Reproducción de color
• para más información sobre el efecto de lámpara energizada en superficies
> 6.4 Especificación de colores de materiales
• para obtener más información sobre el color y la reflectancia de la superficie

12.5.6.1 ILUMINACIÓN PARA EVALUACIÓN, COINCIDENCIA O REPRODUCCIÓN DEL COLOR

El tipo y grado de evaluación, coincidencia o reproducción del color afecta las selecciones de color de la superficie y los criterios de temperatura y reproducción del color. En primer lugar, los acabados de las superficies de las habitaciones afectarán o distorsionarán la valoración del color a menos que se utilicen colores neutros. En algunas situaciones, las reflectancias de la superficie deben ser moderadas (20% a 60%) para evitar reflejos velados que puedan afectar negativamente la discriminación del color. En segundo lugar, la iluminancia afecta el éxito de la evaluación, combinación o reproducción del color y esto se tiene en cuenta en los objetivos de iluminancia recomendados por IES para este tipo de tareas. En áreas donde la evaluación del color es crítica (por ejemplo, sala de examen de pacientes, tienda minorista de ropa de alta gama), se recomiendan las lámparas CRI más prácticas (85+ CRI) con SPD amplios o al menos SPD que muestren intensidad en longitudes de onda rojas, verdes y azules. La temperatura de color de la lámpara depende de precedentes históricos, comportamiento aprendido o preferencias del diseñador o del cliente y se ejemplifica con CCT como 5000 K para muchas aplicaciones de procedimientos clínicos o 3000+ K para muchas aplicaciones minoristas o 2700+ K para muchas aplicaciones de hostelería. Se recomiendan revisiones de maquetas con los clientes. En áreas donde la combinación de colores y la reproducción del color son críticas (por ejemplo, diseño gráfico y salas de preimpresión), se aplican los estándares de la industria gráfica, por ejemplo, iluminante CIE D50 de 5000 K y 90+ CRI. [29] Cuando la evaluación del color no es un componente crítico de la tarea, pero sí deseable (por ejemplo, aplicaciones típicas de oficina, muchas situaciones de hotelería), se recomienda un CRI 80+. Muchas de las lámparas de luz blanca más eficientes de la actualidad presentan un CRI superior a 80. La temperatura del color depende de los diseñadores o de las preferencias del cliente. Se recomiendan revisiones de maquetas con los clientes.

12.6 FACTORES DE LOS SISTEMAS

Aunque la intención de cualquier solución de iluminación es iluminar las tareas, áreas y espacios para que las personas funcionen de manera eficiente, productiva, cómoda y satisfactoria, también debe abordar la integración estética y de la instalación. Además, la controlabilidad de la luz natural y eléctrica es clave para la utilidad y la eficiencia. Estos y otros factores de sistemas similares son una parte importante de los ámbitos de la arquitectura y la ingeniería y requieren la coordinación de las respectivas disciplinas. La infraestructura oculta de otros sistemas de construcción y los aspectos efímeros de otros más, como los AV, no deberían dictar tan fácilmente la selección o el diseño de los equipos de iluminación. Es probable que la iluminación sea el sistema visiblemente más utilizado y visiblemente más utilizado durante décadas. En las tablas 12.8a y 12.8b se hace una breve presentación de los factores, los componentes típicamente involucrados, los atributos que afectan la iluminación, su relevancia y significado.

12.6.1 FLEXIBILIDAD

La flexibilidad física de la iluminación puede influir en la selección de luminarias y en cómo se conectan las luminarias al sistema eléctrico. La flexibilidad de la iluminación montada en el techo también está ligada al diseño del sistema de techo, la disposición del techo y la disposición de otros sistemas en el techo o en él. Dado que la flexibilidad de la iluminación también se puede abordar con controles, se recomienda definir la flexibilidad con el equipo y los clientes para el proyecto específico. Es posible que algunas tareas o aplicaciones no se beneficien de la flexibilidad en el movimiento físico de las luminarias o en la controlabilidad.

12.6.2 CONTROLES

Los controles de iluminación mejoran la funcionalidad de la iluminación adaptando las luminancias, iluminancias y proporciones para abordar una serie de tareas o aplicaciones dentro de un espacio o área determinada. Los controles pueden reducir significativamente el uso de energía al abordar las luces eléctricas en función de la iluminación natural, la hora del día y la ocupación. Ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN.

12.6.2.1 CONTROL BASADO EN LA LUZ NATURAL

El control combinado de la entrega de luz natural y las luminarias eléctricas permite que estos sistemas de iluminación interactúen de manera efectiva. Cuando la luz del día es demasiado intensa, los dispositivos de sombra responden automáticamente para limitar el deslumbramiento, pero aún permiten que la luz del día sirva total o parcialmente para las tareas. Cuando la luz del día es menos intensa, los dispositivos de sombra responden automáticamente para admitir más luz del día para realizar las tareas. A medida que la luz natural disminuye o se vuelve inexistente, se encienden o aumentan el brillo de las luminarias eléctricas para aumentar la luz natural reducida para las tareas de servicio. Se requiere un sistema de control, fotocélulas, tal vez seguidores solares, sistemas de sombra y luminarias eléctricas con atenuación escalonada o con atenuación continua divididas en zonas en grupos funcionales relacionados con áreas de trabajo o proximidad a la luz del día para obtener el máximo beneficio energético y al mismo tiempo mantener la comodidad, la satisfacción y el funcionamiento.

12.6.2.2 CONTROL BASADO EN EL TIEMPO

Los relojes astronómicos se utilizan para rastrear la hora del amanecer y el atardecer del año, haciendo ajustes para el horario de verano. Los dispositivos están programados para operar luces interiores y luces exteriores con diferentes horarios. Estos dispositivos se pueden programar para atenuar o apagar algunas o todas las luces exteriores, por ejemplo, en un toque de queda predeterminado, e iluminar o reactivar las luces exteriores a una hora de inicio predeterminada, como las 6 a. m., funciones de seguimiento del anochecer al amanecer o fotocélulas. Por lo general, están interconectados para mantener las luces apagadas a las 6 a.m. si hay suficiente luz natural.

12.6.2.3 CONTROL BASADO EN LOS OCUPANTES

Los controles automáticos y manuales apagan, atenúan o energizan las luces área por área. Los sensores de ocupación limitan mejor el uso de energía. Sin embargo, los controles manuales que ofrecen más que encendido/apagado adaptarán mejor la iluminación a las actividades previstas, como reuniones, presentaciones y situaciones audiovisuales en salas de conferencias. Aquí, se pueden configurar en escenas luces regulables en grupos específicos para los requisitos de cada actividad, de modo que los usuarios sólo necesiten activar la escena de "reunión" para las reuniones. Algunos sensores de ocupación se pueden programar para apagar las luces automáticamente después de un período de desocupación, pero requieren que los usuarios enciendan las luces manualmente al ingresar al espacio. Estos sensores también se conocen como sensores de vacancia.

12.6.3 ACÚSTICA

Los equipos de iluminación o los detalles de iluminación pueden afectar negativamente los atributos acústicos de los espacios. El techo puede absorber o reflejar el sonido. En áreas de trabajo concentrado, se suelen utilizar materiales de techo que absorben el sonido. Se recomienda una estrecha coordinación entre el ingeniero acústico, el arquitecto y el diseñador de iluminación en cuanto a acabados de techo y tipos de molduras de luminarias.

Los techos abovedados y domos que podrían soportar cornisas de iluminación para resaltar sus interesantes configuraciones reflejan el sonido en direcciones específicas si están acabados en materiales duros. Dependiendo de la geometría, el uso del espacio y el equipamiento de iluminación, estas superficies duras son problemáticas. El ingeniero acústico y el arquitecto coordinan estos tratamientos del techo, pero interactúan con la iluminación para evaluar el efecto de los materiales y acabados del techo en la iluminación y viceversa.

Las propias superficies de las luminarias pueden reflejar el sonido de una posición a otra con buena claridad; lo cual es inaceptable. En espacios de trabajo donde se utilizan techos acústicos para amortiguar la acústica, la introducción de luminarias de gran escala con superficies anchas y planas de metal, vidrio o acrílico puede degradar la integridad de la acústica de la sala. Se requiere una estrecha coordinación entre el ingeniero acústico, el arquitecto y el diseñador de iluminación. Muchos balastros y transformadores electromagnéticos tienden a producir un zumbido audible a menos que estén adecuadamente encapsulados o encerrados. La mayoría de los balastros y transformadores electrónicos son mejores y en general, más eficientes. Todos los balastros deben presentar una clasificación acústica de A.

Cuadro 12.8a | Factores del Sistema: Primera Parte

Factor	Componente	Atributo	Relevancia	Significancia
Flexibilidad	• Físico	• Modularidad	• Integración al cielorraso	• Integridad estética • Reordenamiento conveniente
			• Segmentada	• Desmontaje conveniente
		• Escala	• Volumen y peso	• Reordenamiento conveniente
		• Conección eléctrica	• Conectar y usar	• Reordenamiento conveniente • Cumplimiento del código
	• Funcional	• Direccionabilidad individual	• Control luminaria por luminaria	• Redefinir zonas de control
		• Atenuabilidad (Dimeable)	• Ajustar iluminación	• Reprogramar intensidades
Controles	• Respuesta a la luz diurna	• Sombreado	• Deslumbramiento	• Comfort
			• Modulación de la intensidad	• Reducción de energía
			• Apagamiento	• Limitar la contaminación lumínica • Funciones audiovisuales u otras funciones
		• Iluminación eléctrica	• Modulación de la intensidad	• Atenuación continua • Atenuación escalonada • Encendido/apagado
	• Respuesta temporal	• Ocupación anticipada	• Iluminación base nominal	• Reducción de energía • Prolongar la vida útil • Cumplimiento del código
		• Contratiempos	• Demanda modulada	• Reducción de costos de energía
			• Limitar la iluminación disponible	• Reducción de energía • Limitar la contaminación lumínica • Prolongar la vida útil • Cumplimiento del código
	• Respuesta a la ocupación	• Ocupación actual	• Sólo a necesidad	• Reducción de energía • Prolongar la vida útil • Cumplimiento del código
Acústica	• Detalles arquitectónicos	• Cielosrrasos • Calas (Cenefas sobrepuestas) • Domos • Bóvedas	• Material type	• Absorber o reflejar el sonido • Acceso por encima del techo (Cielorraso)
	• Plenums	• Aislación de sonido	• Influencia térmica	• Luminaria con clasificación IC • Cerramiento alrededor de la luminaria
	• Superficies de las luminarias	• Escala	• Carcasa • Lente • Rejilla	• Reflejar el sonido
	• Luminaria balasto/transformador	• Clasificación de sonido	• Electrónica (de preferencia) • Electromagnética	• Clasificación acústica A para silencio
HVAC	• Influencia de carga	• Potencia en iluminación	• Calefacción • Enfriamiento	• Tamaño del sistema • Uso de energía
	• Aspecto del diseño	• Estilo y escala	• Rejillas	• Patrón/tamaño relativo a las luminarias
		• Simetría	• Interferencia rejilla/conducto	• Proximidad a las luces
	• Temperatura ambiente	• Cercanía de la lámpara	• Temperatura de funcionamiento óptima	• Salida de luz reducida
		• Cercanía del balasto o driver	• Temperatura de funcionamiento óptima	• Fallo prematuro
	• Función aire/luminaria	• Suministro de aire o extracción de calor.	• Integración luminaria/aire	• Límites de la selección de luminarias • Límites en latécnica de iluminación

Cuadro 12.8b | Factores del Sistema: Segunda Parte

Factor	Componente	Atributo	Relevancia	Significancia
Sistemas de Cielorraso	• Paneles de yeso	• Acabado	• Moldura de iluminación directa	• Sin bridas • Bridas
			• Iluminación indirecta	• Acabado nivel 5 • Acabado de techo en cáscara de huevo o mate
	• Instalación	• Rejilla	• Estilo	• Integración de luminarias
		• Tamaño del módulo	• Escala	• Selección de luminaria
		• Acabado	• Tablero mineral pintado • Tela pintada • Tela	• Potencial de deformación • Iluminación indirecta • Ajuste/acabado
	• Encielado modular	• Zona lineal para todos los servicios	• Estilo • Escala	• Integración de luminarias • Selección de luminarias • Distribución de luminarias
	• Decorativo	• Piedra • Madera	• Moldura de iluminación directa	• Sin bridas • Bridas
			• Iluminación indirecta	• Pulido/satinado • Flameado/áspero
Instalación	• Secuenciación	• Disponibilidad	• Plazo de entrega	• Calendario del pedido
	• Integración	• Físico	• Ajuste	• Ajuste/acabado de pared/cielorraso • Interferencias • Plomada/verdadera/escuadra
			• Disposición de luminarias	• Disposición del armazón • Disposición del efecto iluminación
			• Fijaciones	• Infraestructura
	• Resultados en terreno	• Observación de la puntería luminosa • Lista de verificación	• Ajustes	• Efectos de iluminación • Iluminancias • Luminancias
Sustentabilidad	• Energía	• Controles	• Limitar el uso de electricidad	• Relojes astronómicos • Fotocélulas • Escenas preestablecidas para su funcionamiento • Sensores de ocupación
	• Eficiencia	• Superficies de la habitación	• Maximizar la interreflexión	• ≥90%/≥60%/≥20% cielorraso/paredes/piso
		• balastos/drivers/transformadores	• Seleccione el más eficiente de su clase [a]	• El más alto sistema LPW
		• Lámparas	• Seleccione el más apropiado para la clase [a]	• Acentuación: Mejor que CP[b] y/o • Ambiente: el más alto LPW
		• Luminarias	• Seleccione el más eficiente de su clase [a]	• La mejor distribución [c] CP y/o la más alta eficiencia
		• Disposición	• Establecer una disposición eficiente [a]	• Optimizar efecto(s) y diseño
	• Embodied energy	• Producción	• Limitar los procesos de alta energía	• Minimizar la huella total de carbono
		• Transporte	• Limitar el volumen y el peso • Limitar la distancia de envío	
Mantenimiento	• Cleaning	• Ciclo	• Luminarias • Superficies de la habitación	• Mantener la eficiencia del sistema de iluminación.
	• Replacement	• Acceso • Ciclo/reciclaje	• Lámparas • Balastos/controladores • Luminarias	• Mantener la eficiencia del sistema de iluminación.

a. Determine la clase del parámetro respectivo según las necesidades de diseño y luego seleccione el equipo más eficiente disponible. Por ejemplo, cuando se debe lograr una iluminación extensa de la pared con ranuras lineales en las uniones del techo y la pared utilizando lámparas clasificadas como fluorescentes lineales regulables, seleccione la lámpara fluorescente lineal aprobada para atenuación más eficiente disponible que exhiba CCT y CRI que cumplan con la intención del diseño. De manera similar, seleccione el balastro de atenuación más eficiente para esta situación.

b. En muchas aplicaciones de iluminación de acento, la potencia en candelas (CP) de la lámpara es tan o más importante que la eficacia de la lámpara. Por ejemplo, cuando se acentúa el arte en un área de recepción, la potencia en candelas disponible en equipos de acento halógeno/RLV, CMH o LED generalmente proporciona resultados de luminancia superiores que el uso de equipos de acento CFL o de iluminación de pared, incluso aunque las lámparas CFL exhiban mejor LPW.

C. En muchas aplicaciones generales, la distribución de la potencia en candelas (CP) para el área y las tareas que se abordan es de primordial importancia.

CP: candlepower

12.6.4 HVAC

La carga de iluminación afecta el diseño del sistema HVAC. El estilo, el tamaño y la disposición del equipo de iluminación influyen en el aspecto del techo, al igual que las rejillas de HVAC. Se requiere una estrecha coordinación de los dispositivos de iluminación y HVAC para lograr una mejor apariencia. Las luminarias se ven afectadas por el HVAC. Si las lámparas funcionan a temperaturas demasiado cálidas o demasiado frías en comparación con sus tolerancias óptimas, la salida de luz puede degradarse, quizás significativamente. Si los balastros y los controladores se operan a temperaturas superiores a sus respectivas tolerancias, es posible que se produzcan fallas prematuras. Cuando la suciedad ambiental queda arrastrada y capturada en las superficies de las luminarias debido a la proximidad a los difusores de aire, la limpieza periódica es para mantener la eficiencia óptima de las luminarias. Algunas luminarias empotrables en el cielorraso están destinadas a ayudar a suministrar o extraer aire de la habitación o zona. Aunque el estilo y los tipos son limitados, esto puede limpiar los aspectos visuales del techo integrando difusores de aire con luces.

12.6.5 SISTEMAS DE CIELORRASO

Los cielorrasos influyen en la estética general del espacio y afectan en gran medida la eficiencia del sistema de iluminación. Los cielorrasos con acabados mate y con LRV recomendados por IES del 90 % o más son deseables en muchos entornos de trabajo para aprovechar al máximo los sistemas de iluminación indirecta o indirecta/directa.

Los cielorrasos de paneles de yeso generalmente se consideran un tratamiento rentable de alta calidad sin el gasto de madera, metal o piedra. Para las superficies de paneles de yeso, los niveles de acabado los especifica el arquitecto o diseñador de interiores, siendo el nivel 5 el que exhibe la más alta calidad [30] [31]. Cuando se propone iluminación eléctrica o luz natural para lavar las superficies de techos o paredes de paneles de yeso o donde la luz natural es extensa, las pequeñas imperfecciones en el acabado se acentuarán visualmente y pueden llegar a serlo de manera indeseable. Las luces sin bridas o sin marco refinan aún más el aspecto de las instalaciones de paredes o techos con paneles de yeso. Sin embargo, si se requieren paneles de acceso para acceder a plomería o equipos HVAC en el pleno, entonces se necesita una planificación e integración cuidadosas de estos accesos para mantener la apariencia de un plano de techo continuo, particularmente cuando se emplean técnicas de iluminación rasante o indirecta. Los techos de losetas acústicas o integradas ofrecen cierto grado de tratamiento acústico, acceso por encima del techo y una disposición modular de rejilla y losetas que puede ayudar en la distribución de la iluminación. El tipo de rejilla, T ranurada, T estrecha o T estándar, y el tipo de panel de techo, borde regular, borde estándar, afectan el aspecto e influyen en la integración de la luminaria. Cuando se utilizan técnicas de iluminación rasante o indirecta, la integridad de las losas del techo, particularmente a lo largo del tiempo (por ejemplo, sin hundimientos ni deformaciones), es importante, al igual que la calidad de la instalación (por ejemplo, rejilla y losetas aplomadas y llanas). Los techos especiales, como los de metal, piedra o madera, exigen un mayor esfuerzo y cuidado de integración. Aunque las luminarias sin bridas lucen mejor, requieren mucha mayor precisión al cortar los orificios para acomodar los adornos de las luminarias. Cuando se utilice luz rasante o indirecta, los acabados de los cielorrasos deberán evaluarse en maquetas.

12.6.6 INSTALACIÓN

Aunque muchos aspectos de la construcción deben converger antes de la instalación de la iluminación, la secuenciación es un aspecto consistente y persistente. Es importante reconocer la disponibilidad de equipos de iluminación y es apropiado establecer y compartir los plazos de entrega probables. Los aspectos físicos de la integración de la iluminación afectan la apariencia general. Cuando las luminarias están desalineadas o presentan fugas de luz en las uniones del techo o la pared, el ajuste y el acabado se consideran deficientes y pueden distraer a las personas de sus funciones de vida o trabajo.

La instalación no está completa hasta que las luminarias se ajustan (apuntan u orientan) para realizar la función de iluminación prevista. Los contratistas profesionales apreciarán los aspectos de orientación (inclinación y rotación) u orientación, pero el diseñador generalmente observa cierta cantidad de este esfuerzo para confirmar que se logran todos los efectos y por lo tanto, la optimización energética. Las mediciones en terreno ayudan a calibrar las técnicas de

predicción y pueden usarse para confirmar el desempeño funcional de lámparas, luminarias, balastos, acabados de superficies y controles.

12.6.7 SOSTENIBILIDAD

La energía, la eficiencia y la energía incorporada se ven afectadas por los aspectos de sostenibilidad del diseño, la adquisición y el mantenimiento. Aunque muchos de los llamados códigos de energía son simplemente límites de potencia o presupuestos de energía, la energía es el uso de vatios o potencia a lo largo del tiempo, generalmente expresada como kilovatios-hora (KWH). Los controles, cuando se explotan plenamente, quizás ahora desempeñen el papel más importante en el uso de energía, con reducciones potenciales de energía promedio que varían hasta el 60 por ciento dependiendo de los tipos de espacio y los tipos de controles empleados. [32] [33] [34] [35] La energía incorporada en los equipos de iluminación incluye la energía para extraer y refinar materias primas, fabricarlas y distribuirlas. Cuando se están considerando varios productos para una función de iluminación determinada, se pueden extraer algunas conclusiones a partir de una evaluación de las eficiencias de producción y las distancias y eficiencias de transporte. Sin embargo, hay que reconocer que el tamaño y el volumen del producto, los tipos y calibres de materiales y los acabados, que es poco probable que sean exactamente idénticos de un producto a otro, afectan las energías incorporadas.

Recursos de sostenibilidad del IESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad
• para más información sobre lámparas
> 19 | SOSTENIBILIDAD
• para más información sobre energía
• para obtener más recursos sobre la tierra
• para más información sobre el reciclaje
• para más información sobre el análisis del ciclo de vida
• para más información sobre el diseño de iluminación
> 19.2Elementos de Diseño de Iluminación Sustentable
• para más información sobre los controles

12.6.8 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es el vínculo entre el diseño predictivo y el rendimiento real a largo plazo. Sin un cuidado profesional persistente, los equipos de iluminación se degradan o fallan y las superficies de los edificios se degradan. Sin el cambio de lámparas puntuales, el cambio de lámparas en grupo, la limpieza periódica de las luminarias y el acabado de la superficie de la habitación, la mayoría de los sistemas de iluminación funcionarían a sólo el 70 u 80 por ciento de su desempeño previsto dentro de tres a cinco años de servicio, dependiendo de la aplicación. ¡Esto supone una pérdida efectiva de eficiencia del 20 al 30 por ciento! Visto de otra manera, si los diseños tuvieran en cuenta una degradación tan significativa en los equipos de iluminación y la integridad de la superficie del edificio, entonces las cantidades de instalación inicial de luminarias necesitarían aumentar entre un 20 y un 30 por ciento. Esto, a su vez, requeriría entre un 20 y un 30 por ciento más de energía incorporada debido a las mayores necesidades de materias primas, su refinamiento, la producción de luminarias adicionales y su transporte al lugar y consumiría entre un 20 y un 30 por ciento más de energía una vez instalada y operar independientemente de la eficiencia del sistema y el alcance de los controles. También serían necesarios aumentos respectivos en la distribución de energía y en los sistemas HVAC. El cambio de lámparas puntuales y en grupo exige el reciclaje de las lámparas. Los ciclos de reemplazo de luminarias, típicamente de 20 años o, con suerte, mucho más, dependen cada vez más de la calidad inherente de la construcción de las luminarias y de su capacidad para adaptarse a futuras modificaciones de componentes. Dada la naturaleza de las pruebas de seguridad eléctrica, las adaptaciones deben realizarse bajo los auspicios del fabricante del equipo original (OEM) o las modificaciones deben probarse y etiquetarse para determinar su compatibilidad con el equipo original.

Es importante especificar las luminarias con acceso adecuado para el mantenimiento periódico. Sin embargo, los medios de acceso pueden no ser obvios y a menudo se necesitan manuales de instrucciones como parte de la documentación del proyecto obtenida por el contratista para el cliente. La apariencia o el rendimiento pueden prevalecer sobre la facilidad de mantenimiento. Para luminarias exteriores o incluso interiores adyacentes a entradas y salidas de edificios, las luminarias con juntas o con clasificación IP6X pueden ser apropiadas donde se espera que la entrada de insectos sea una carga significativa. Ver Tabla 15.4 | Sistema de clasificación IP (“X” depende de los requisitos de entrada de agua, si los hubiera).

12.7 FACTORES PRESCRITOS

Los factores prescritos son aquellos códigos, normas de seguridad de construcción, ordenanzas, mandatos federales y programas de certificación que afectan la iluminación. En general, cuando son un requisito de la autoridad jurisdiccional de construcción o del cliente o cuando se consideran apropiados para gestionar el riesgo profesional, ofrecen criterios no negociables. La tabla 12.9 identifica varios de estos códigos, estándares y programas de certificación. Es necesaria una revisión de todos los factores prescritos aplicables con los profesionales registrados del equipo al principio de la planificación del proyecto. De vez en cuando se introducen nuevos factores prescritos y la mayoría de ellos cambian periódicamente, por lo que es imprescindible una revisión periódica. Cuando la función de diseño de iluminación la desempeña un miembro del equipo que no sea el arquitecto o el ingeniero eléctrico, se debe consultar al profesional registrado a cargo (normalmente el arquitecto, pero quizás el ingeniero eléctrico) para obtener orientación sobre qué factores prescritos están vigentes para el proyecto en marcha.
Estas y otras directivas establecen criterios de iluminación específicos que el diseño de iluminación debe tener en cuenta. De vez en cuando, se declaran mandatos federales con disposiciones relacionadas con la iluminación y éstas también deben cumplirse. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

Cuadro 12.9 | Factores Típicos de Diseño de Iluminación Prescritos

Patrocinador	Directiva(s) relevante(s)	Documento(s) ejemplar(es) y/o citas [a]
ASHRAE American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers	• Estándar Energético	• ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1
	• Estándar de Sostenibilidad	• ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 189.1
ASME American Society of Mechanical Engineers	• Códigos de ascensores/escaleras mecánicas	• ASME A17.1/CSA B44
CaGBC Canada Green Building Council	• Iniciativa de sostenibilidad	• Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental)
CCNNIE Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas	• Código eléctrico	• NOM-001-SETE-2005 Mexican Electrical Code (MEC) (Código Eléctrico Mexicano)
CONAE Comisión Nacional para el Ahorro de Energía	• Código de energía	• NOM-007-ENER-2004 Mexican Energy Efficiency Standard (Norma Mexicana de Eficiencia Energética)
CSA Canadian Standards Association	• Código Eléctrico	• Canadian Electrical Code (CEC) (Código Eléctrico Canadiense)
	• Estándares de producto	• Requisitos de seguridad para luminarias, lámparas y equipos de control
ICC International Code Council	• Código de construcción	• International Building Code (IBC) (Código internacional de construcción)
	• Código de Energía	• International Energy Conservation Code (IECC) (Código Internacional de Conservación de la Energía)
	• Código de Sostenibilidad	• International Green Construction Code (IGCC) (Código Internacional de Construcción Verde)
NFPA National Fire Protection Association	• Código Eléctrico	• National Fire Protection Association (NFPA) 70 (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego)
	• Centros de salud	• NFPA 99
	• Código de seguridad humana	• NFPA 101
NRC National Research Council Canada	• Código de construcción	• National Building Code of Canada (Código Nacional de Construcción de Canadá)
	• Código de Energía	• Model National Energy Code of Canada for Buildings (MNECB) (Modelo de Código Nacional de Energía de Canada para Edificios)
UL Underwriters Laboratories	• Estándares de producto	• Requisitos de seguridad para luminarias, lámparas y equipos de control.
USDOJ U.S. Department of Justice	• Estándares de Diseño Accesible	• Americans with Disabilities Act (ADA) (Ley de Estadounidenses con Discapacidades)
USGBC U.S. Green Building Council	• Iniciativa de Sostenibilidad	• Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental)
Varios	• Ordenanzas Municipales	• Requisitos sobre contaminación lumínica y/o traspaso de luz
		• Iluminancias exteriores
	• Códigos estatales/provinciales/territoriales	• Estándares de energía
		• Normas sobre eliminación de peligros
		• Códigos de seguridad humana
		• Estándares de sostenibilidad

a. Los factores prescritos se actualizan continuamente. Utilizar la prescripción más actual o la requerida del cliente o autoridad constructora jurisdiccional.

12.8 REFERENCIAS

General:

Brandston HM. 2008.Learning to see: A matter of light. New York: IESNA.

Lam WMC. 1997. Perception and lighting as formgivers for architecture. New York: McGraw-Hill.

Lam WMC. 1986. Sunlighting as Formgiver for architecture. New York: Van Nostrand Reinhold.

Michel L. 1996. Light: The shape of space. New York: Van Nostrand Reinhold.

Veitch JA, Newsham GR. 1996. Determinants of lighting quality II: Research and recommendations. [Internet]. cited February 2010. Available from: www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc40343.pdf.

[1] Steffy G. 2008. Architectural lighting design. 3rd Edition, Hoboken: John Wiley & Sons. p 48.

[2] Flynn JE. 1973. The psychology of light II, Orientation as a visual task. Electr Conslt. 89(1):10-21.

[3] Flynn JE. 1973. The psychology of light V, AttituderReinforcement through lighting design. Electr Conslt. 89(5):42-45.

[4] Collins B. 1993. Evaluation of subjective response to lighting distributions: A literature review, NISTIR 5119. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.

[5] Flynn JE and others.1973. Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. J Illum Eng Soc. 3(2): 94.

[6] Nasar JL, editor. 1988. Environmental aesthetics. Cambridge: Cambridge University Press. pp 156-170.

[7] Davis RG. 2009. Cognitive factors in lighted architectural environments: Context-specific preferences for lighting. In: Conference Proceedings—2009 IES Annual Conference. New York: IESNA.

[8] Flynn JE and others. A Guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting. J Illum Eng Soc. 9(1):95.

[9] Brainaird GC and others. 2001. Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. J Neurosc. 21(16): 6405–6412.

[10] Figueiro MG, and Rea MS. 2005. New research in the light and health field is expanding the Possibilities for LED lighting in healthcare environments. In: CIE Midterm Meeting Conference Proceedings, Leon, Spain. [Internet]. cited February 2010. Available from: http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/overview.asp.

[11] Lamberg L. 1998. Medical News and Perspectives: Dawn's Early Light to Twilight's Last Gleaming. J Am Med Assoc. 280(18): 1556-1558.

[12] Glickman G and others 2006. Light therapy for seasonal affective disorder with blue narrow-band light-emitting eiodes (LEDs). Bio Psych. 59:502-507.

[13] [CSA] Canadian Standards Association. 1998. CAN/CSA ISO 9241 -7-00 (IS0 9241 -7:1998) (Reaffirmed 2005). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 7: Requirements for display with reflections. Mississauga, Ontario: CSA.

[14] [ISO] International Organization for Standardization. 2008. ISO 9241-303:2008(E). Ergonomics of Human-system Interaction—Part 303: Requirements for Electronic Visual Displays. Central Secretariat. Geneva, Switzerland: ISO. p. 11.

[15] Buchnera A, Mayra S, Brandt M. 2009. The advantage of positive text-background polarity is due to high display luminance. Ergon. 52(7):882–886.

[16] Newsham GR, Marchand RG, Vietch JA. 2004. Preferred surface luminances in offices, by evolution. J Illum Eng Soc. 33(2):14-29.

[17] Steffy GR. 1995. Lighting the electronic office. New York: Van Nostrand Reinhold. pp 79-84.

[18] [CIBSE] Chartered Institution of Building Services Engineers. 2001.Addendum to CIBSE Lighting Guide 3. London: CIBSE. p 4.

[19] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 11.

[20] European Committee for Standardization. 2002. European Standard EN 12464-1, Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places. Brussels: European Committee for Standardization. p 12.

[21] CIBSE Chartered Institution of Building Services Engineers. 2006. Society of Light and Lighting, Code for lighting 2006/CD-ROM. London, CIBSE.

[22] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2004. American National Standard Practice for Office Lighting, ANSI/IESNA RP-1-04. New York: IESNA. p. 45.

[23] Ashdown I, Franck PJ. Luminance gradients: Photometric analysis and perceptual reproduction. In: Conference Proceedings—1995 IESNA Annual Conference. New York: IESNA.

[24] Luckiesh M, Guth SK. Brightnesses in visual field at borderline between comfort and discomfort (BCD). Illum Eng 44(3):650-670.

[25] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. pp 11-3, 19-4.

[26] [IES] Illuminating Engineering Society. 1952. IES Lighting Handbook, 2nd edition. New York: IES. pp 10-58, 10-69.

[27] CIBSE Chartered Institution of Building Services Engineers. 2006. Illuminance Variation. In: Society of Light and Lighting, Code for lighting 2006/CD-ROM. London, CIBSE.

[28] CIBSE Chartered Institution of Building Services Engineers. 2006. Specification and Interpretation of Illuminance Variation. In: Society of Light and Lighting, Code for lighting 2006/CD-ROM. London, CIBSE.

[29] [ISO] International Organization for Standardization. 2009. ISO 3664:2009(E) Graphic technology and photography—Viewing conditions. Geneva, Switzerland: ISO.

[30] Gypsum Association. 2007. GA-216-2007. Application and Finishing of Gypsum Panel Products. Washington, DC: Gypsum Association.

[31] Gypsum Association. 2007. GA-214-07. Recommended Levels of Gypsum Board Finish. Washington, DC: Gypsum Association.

[32] Leslie R, and others. The potential of simplified concepts for daylight harvesting. Light Res Tech. 37(1): 21-40.

[33] Fetters JL. 2010. Lighting controls: Reducing cost, saving energy. Maint Sol. [Internet]. cited March 2020. Available from: http://www.facilitiesnet.com/energyefficiency/article/Lighting-Controls-Reducing-Cost-Saving-Energy--8086.

[34] Piper J. 2006. Lighting control systems drive energy savings. Build Oper Man. [Internet}. cited March 2010. Available from: http://www.facilitiesnet.com/lighting/article/Lighting-Control-Systems-Drive-Energy-Savings--5764.

[35] [NEMA] National Electrical Manufacturers Association. 2002. NEMA LSD 22-2001, Demand Reduction and Energy Savings Using Occupancy Sensors. , Washington, DC: NEMA Lighting Controls Council.



©Pierluigi D'Eramo/iStockPhoto

13/ FUENTES DE LUZ

CONSIDERACIONES EN LA APLICACIÓN

Lo que es cierto a la luz de una lámpara no siempre lo es a la luz del sol.

Joseph Joubert, moralista francés del siglo XIX

Contenido

Hay varios miles de fuentes de luz disponibles comercialmente. Con una selección tan amplia, es probable que se puedan realizar varias elecciones diferentes para una aplicación de iluminación determinada. El objetivo de este capítulo es identificar las consideraciones más destacadas involucradas en la selección de una fuente de luz, basándose en una consideración de las compensaciones en las principales características de rendimiento y operación. Este capítulo tiene como objetivo ayudar a facilitar la selección de fuentes de luz para quienes participan en el diseño del entorno luminoso, incluidos arquitectos, diseñadores de interiores, ingenieros, diseñadores de iluminación, propietarios, consultores de sostenibilidad, ingenieros energéticos, arquitectos paisajistas, representantes de productos de iluminación, fabricantes de iluminación, contratistas y distribuidores. Para obtener detalles fundamentales sobre las fuentes de luz que se comparan en este capítulo, consulte 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

13.1 RESUMEN

Las tablas 13.1a y 13.1b resumen las aplicaciones típicas y las características de funcionamiento de las lámparas más comúnmente especificadas en cada una de las principales categorías de iluminación de filamento, fluorescente, de descarga de alta intensidad (HID) e iluminación de estado sólido (SSL). Las columnas de las tablas enumeran consideraciones clave de diseño y aplicación: eficacia inicial de la lámpara y del sistema; equipo auxiliar y regulable; mantenimiento del lumen; vida útil de la lámpara a plena potencia y cuando está atenuada; tiempos de calentamiento y reinicio; un resumen de CRI, CCT, consistencia del color y estabilidad del color; disponibilidad de tipos de emisión direccionales y sensibilidad de salida de lúmenes a la temperatura ambiente.

Las consideraciones de aplicación adicionales analizadas en este capítulo pero no resumidas en las Tablas 13.1a y 13.1b incluyen: factores del entorno físico como la vibración y el clima; daños potenciales a objetos y daños físicos a personas debido a la radiación óptica; geometría de la lámpara; consideraciones de sostenibilidad como el contenido y la eliminación de residuos peligrosos; legislación; normas; y el costo de la luz.

Diferentes situaciones de diseño requieren diferentes prioridades de rendimiento de la lámpara y características operativas. La elección de la lámpara está relacionada con la selección de luminarias, controles y diseño del sistema. Condiciones locales tan diversas como la temperatura ambiente, los códigos, la disponibilidad del producto y/o la disposición del propietario hacia el mantenimiento también pueden influir en la selección de la lámpara. Una vez que surge como parte del diseño esquemático el enfoque de iluminación que mejor se adapta a los requisitos de iluminación del proyecto, también se puede realizar la selección preliminar de los tipos de lámpara para garantizar la compatibilidad general con los objetivos de diseño. Como ejemplos de priorización de las características de las lámparas según la aplicación, la iluminación de los cables de suspensión de un puente normalmente requeriría lámparas que tengan una larga vida útil y sean resistentes a la vibración, mientras que la iluminación general de oficinas normalmente requiere sistemas de lámpara/balasto de alta eficacia con un lumen de muy bueno a excelente en las características de mantenimiento y color.

***SSL** Familia de productos de iluminación que incluye diodos emisores de luz (LED) semiconductores, diodos emisores de luz orgánicos (OLED) y diodos emisores de luz de polímero (PLED). El término "estado sólido" es una referencia al hecho de que estos dispositivos están construidos enteramente a partir de materiales sólidos, dentro de los cuales están confinados los portadores de carga (es decir, electrones y huecos).*

Cuadro 13.1a | Rendimiento de la Lámpara y Características Operativas: Filamento y SSL

Sección del Capítulo →	13.2		13.4		13.3	13.3	
Categoría de Lámpara ↓	Eficacia Inicial (Lúmenes/Vatios)		Equipo Auxiliar y Atenuabilidad		Mantenimiento de Lúmenes	Vida (horas)	
	Lámpara	Sistema	Equipo Auxiliar	Atenuabilidad		A Potencia Total	Cuando es Atenuada
FILAMENTO — Tugsteno Estándar	Aplicaciones: Rara vez se utiliza en monumentos históricos o públicos para efectos de iluminación históricos y/o regulables.						
	8-13	N/A[b]	No	Sí ; Simple	Lo necesario	750-1.500	
FILAMENTO — Halógena	Aplicaciones: Monumentos históricos.Recepción y Residencial. Usada escasamente en residencias históricas o monumentos públicos para atenuamiento tradicional, color y efectos de luz parpadeante						
	10-15	N/A Para línea voltaje[b] Reducido por pérdidas del transformador para bajo voltaje	No ; bajo voltaje algunas versiones requieren transformador	Sí . bajo voltaje algunas versiones requieren controles compatibles con el transformador	Excelente	3.000-5.000	Aumentar
FILAMENTO — HIR	Aplicaciones: Recepción y Residencial, Minorista. Se utiliza con moderación para encendido instantáneo, atenuación, acentuación sensible al color e iluminación general. (por ejemplo: restaurantes, salones de baile)						
	15-36	N/A Para línea voltaje[b] Reducido por pérdidas del transformador para bajo voltaje	No ; bajo voltaje algunas versiones requieren transformador	Sí . bajo voltaje algunas versiones requieren controles compatibles con el transformador	Excelente	3.000-5.000	Aumentar
SSL — LED	Aplicaciones: Exterior, Comercial, Recepción, Minorista, Residencial .Los datos de rendimiento cambian continuamente. Verificable de forma independiente para datos de eficacia, CCT, CRI, consistencia en el color (agrupamiento) y se debe buscar estabilidad al realizar las especificaciones.						
	25-75 (cambio rápido)[c,d]	Reducir por al menos 15%	Controlador	Sí, con el apropiado controlador y equipo de control	lo Justo a Pobre	20.000-50.000	Aumentar
SSL — OLED	Aplicaciones: Al momento de escribir este artículo existen pocos productos arquitectónicos. Adecuado para distancias de proyección cortas (por ejemplo, luces de trabajo) o aplicaciones de visión directa.						
	N/A[f]	10-25	Los productos arquitectónicos se venden como sistemas que incluyen un controlador y un OLED emisor de luz.	Sí, con el apropiado controlador y equipo de control	Pobre	5.000 a L_{50} es típico para productos arquitectónicos	Aumentar

13.2 EFICACIA

La eficacia es una relación de lúmenes por vatio. La elección de lúmenes para el numerador y vatios para el denominador produce varias versiones de eficacia, cada una con un significado diferente, como se resume en la Tabla 13.2. La eficacia de la lámpara (también conocida como eficacia luminosa) ha sido históricamente la versión más caracterizada y es útil como cantidad de primer pedido en las primeras etapas del proceso de diseño. No tiene en cuenta la distribución direccional del flujo (consulte 13.7 Intensidad direccional) ni el efecto de un equipo auxiliar, una luminaria o una aplicación

de diseño. La eficacia del sistema, la luminaria y la aplicación son cada vez más informativos a la hora de evaluar la idoneidad de un sistema de iluminación para una aplicación determinada. Con un enfoque cada vez mayor en la optimización del uso de energía del sistema de iluminación, es importante emplear estas versiones de eficacia más específicas de la aplicación al realizar selecciones de equipos. Consulte también 8.4 Rendimiento de las luminarias.

13.5		13.6				13.7	13.8
Tiempo de Inicio		Color				Disponibilidad de distribución de intensidad direccional	Sensibilidad a la temperatura ambiente[a]
Calentamiento	Reinicio	CCT (K)	CRI	Consistencia	Estabilidad		
Instantáneo	Instantáneo	2.500-2.800	97+	Excelente	Excelente	No	No
Instantáneo	Instantáneo	2.800-3.200	97+	Excelente	Excelente	Difusos y reflectorizados disponibles	No
Instantáneo	Instantáneo	2.800-3.200	97+	Excelente	Excelente	Difusos y reflectorizados disponibles	No
Instantáneo	Instantáneo	1.100-9.000+	20-95+	De pobre a muy bueno depende de las tolerancias del contenedor	Buena a pobre	Los elementos ópticos controlan la distancia, que puede ser direccional.	Alta[e]
Instantáneo	Instantáneo	Datos limitados. Algunos productos son sobre 2.800	Datos limitados. Algunos productos son sobre 80	La justa a pobre depende de las tolerancias del contenedor	Datos limitados, se esperan cambios de color	Distribución difusa desde la superficie OLED, que puede tener forma.	Alta[e]

a. La luminaria tiene un efecto significativo sobre las condiciones ambientales locales que experimenta la lámpara.
b. La eficacia del sistema no es aplicable a las lámparas de incandescencia de voltaje de línea porque no emplean equipos auxiliares.
C. El rápido cambio se debe al ritmo del desarrollo tecnológico.
d. En el momento de la publicación, una mayor eficacia está ligada a temperaturas de color más altas.
e. Cuanto más frío, mejor. El color y la salida de lúmenes varían con la temperatura. Las temperaturas más altas reducen la vida.
F. La eficacia de la lámpara no se aplica a los OLED porque la lámpara no se puede tratar independientemente del sistema.

Cualquier cambio en la eficacia de la lámpara tendrá un cambio concomitante en la eficacia del sistema, la luminaria y la aplicación, todo lo cual empeora con la vida útil de la lámpara como resultado de la depreciación de los lúmenes de la lámpara (consulte 13.3 Vida útil y mantenimiento de los lúmenes). Algunos productos mantienen una producción de lúmenes constante o aumentan la producción de lúmenes en pasos discretos a lo largo del tiempo, aumentando la potencia en vatios del sistema. Aunque la eficacia sigue disminuyendo con el tiempo con estos sistemas, esta estrategia puede ahorrar energía en comparación con la práctica de diseño estándar, ya que el área iluminada no estará sobreiluminada cuando las lámparas sean nuevas (consulte las Secciones 7.2.5.4, 7.3.6 y 7.4.5).). La tasa y el grado de depreciación del lúmen de la lámpara (ver Figuras 7.24, 7.33 y 7.40) pueden influir en la cantidad de lámparas requeridas para entregar la iluminancia objetivo y/o la estrategia de control (ver 16.2.8 Mantenimiento de lúmenes). Los códigos, estándares, políticas regulatorias y pautas de sostenibilidad aún no consideran los cambios de eficacia durante la vida útil, aunque este es claramente un aspecto importante de la gestión de la energía (ver 17 | GESTIÓN DE ENERGÍA). Las fuentes de luz HID consumen más energía a medida que envejecen, además de producir menos lúmenes, lo que contribuye aún más a una disminución en todas las versiones de eficacia. La eficacia luminosa de las lámparas LED está cambiando rápidamente. A mediados de 2011, la eficacia publicada de algunas lámparas LED disponibles comercialmente supera los 100 lúmenes por vatio. El límite teórico, suponiendo eficiencias de conversión perfectas, para una lámpara LED con un CCT de 3800 K, CRI de 85, R9 de 21 y que emplea componentes espectrales RGBA, es de aproximadamente 400 lúmenes por vatio. 250 lúmenes por vatio es un límite superior más probable para productos comerciales, aunque no se espera tal rendimiento en un futuro próximo. [1] Los sistemas cerámicos de halogenuros metálicos también están avanzando rápidamente. La máxima eficacia práctica de una lámpara de halogenuros metálicos de luz blanca con un CRI superior a 80 es de aproximadamente 230 lúmenes por vatio [2]. Ya se han desarrollado sistemas de halogenuros metálicos de baja potencia que superan los 150 lúmenes por vatio, produciendo luz blanca con un CRI superior a 85 [3]. Al igual que con los LED, los mayores avances se producirán cuando se emplee un enfoque de sistema, de modo que las lámparas, balastos, controles y luminarias se desarrollen y optimicen como un sistema en lugar de como partes independientes [4].

Cuadro 13.1 b | Rendimiento de la Lámpara y Características Operativas: Fluorescente y HID

	Sección del Capítulo →	13.2		13.4		13.3	13.3	
	Categoría de la Lámpara	Eficacia Inicial (Lúmenes/Vatios)		Equipo Auxiliar y Atenuabilidad		Mantenimiento de los Lúmenes	Vida (horas)	
		Lámpara	Sistema	Equipo Auxiliar	Atenuabilidad		A Potencia Total	Cuando se Atenúa
FLUORESCENTE	A base de tornillos CFL	**Aplicaciones:** Recepción, Residencial. Modernización de lámparas de bajo coste para iluminación general interior para casquillos originalmente diseñados para filamento. lamps.						
		35-65	N/A[b]	Balasto integral	La mayoría no son atenuables; o se atenúan pobremente	Lo justo	6.000-8.000	La vida disminuye para los pocos tipos que son capaces de atenuarse.
	Basado en pines CFL	**Aplicaciones:** Comercial, Recepciones,Residencial, Minorista. Usadas para muchas aplicaciones de iluminaciónes interiores y exteriores						
		50-80	Reducción por lo menos 5%	Balasto	Las versiones de 2 pines no son atenuables; las de 4 pines son atenuables con balastos atenuables	Lo Justo a Bueno	10.000-16.000[d]	La vida decrece para los tipos de 4 pines que son capaces de atenuarse
	Lineal	**Aplicaciones:** Comercial, Recepciones,Residencial, Minorista. Usadas para muchas aplicaciones de iluminaciónes interiores y exteriores for lighting surfaces.						
		70-100	Reducción por lo menos 5%	Balasto Nota: La elección de inicio instantáneo, rápido o programado puede influir en la vida útil de la lámpara.	Varía, consulte con los fabricantes de lámparas y balastros.	Bueno a Excelente	15.000-46.000 La vida útil puede depender del método de arranque del balasto y del ciclo operativo.	No hay cambios para la mayoría de los tipos. Consulte con el fabricante especialmente para las lámparas T5.
	Inducción	**Aplicaciones:** Exterior,Industrial. Se utiliza en aplicaciones industriales, de estacionamiento y de peatones al aire libre, especialmente donde la espectativa de vida es una prioridad.						
		N/A[f]	48-75	Más especificados como sistemas con generadores de alta frecuencia. También están disponibles los basados en tornillos integrados, comparables a las CFLs adaptadas.	La mayoría no son atenuables	Lo justo a Bueno	15.000 (lámparas integradas de rosca) 100.000 (sistemas no integrados basados en componentes)	La mayoría no son atenuables
HID	Sodio Alta Presión	**Aplicaciones:** Exterior,Industrial. Usadas para reemplazar lámparas quemadas en luminarias existentes.						
		70-145	Reducción a lo menos un 10%	Balasto	Atenuable en un 50% con equipo especial	Bueno a Excelente	16.000-55.000	Sin cambios con el equipo adecuado hasta el 50% de fallas
	Halogenuros Metálicos de Cuarzo	**Aplicaciones:** Industrial, Exterior, Deportivo. Uso extensivo en carreteras, estacionamientos, campos deportivos y aplicaciones industriales.						
		68-120	Reducción a lo menos un 10%	Balasto	Atenuable hasta el 50% con equipo especial	Lo justo a bueno	10.000-20.000 (para ≤ 400 W)	Sin cambios con el equipo adecuado hasta el 50% de fallas
	Haluro Metálico Cerámico	**Aplicaciones:** Comercial, Hostelería, Retail. Úselo en muchas aplicaciones para iluminación general y de acentuación interior y exterior.						
		80-125	Reducción a lo menos 5-10%	Balasto	Atenuable hasta el 50% con equipo especial	Bueno	10.000-30.000	Sin cambios con el equipo adecuado hasta el 50% de fallas

13.5		13.6				13.7	13.8
Tiempo de Inicio		Color				Disponibilidad de distribución de intensidad direccional	Sensibilidad a la temperatura ambiente[a]
Calentamiento	Reinicio	CCT (K)	CRI	Consistencia	Estabilidad		
Instantáneo	Instantáneo	2.500-2.800	97+	Excelente	Excelente	No	No
Instantáneo	Instantáneo	2.800-3.200	97+	Excelente	Excelente	Difusos y reflectorizados disponibles	No
Instantáneo	Instantáneo	2.800-3.200	97+	Excelente	Excelente	Difusos y reflectorizados disponibles	No
Instantáneo	Instantáneo	1.100-9.000+	20-95+	De pobre a muy bueno depende de las tolerancias del contenedor	Buena a pobre	Los elementos ópticos controlan la distancia, que puede ser direccional.	Alta[e]
Instantáneo	Instantáneo	Datos limitados. Algunos productos son sobre 2.800	Datos limitados. Algunos productos son sobre 80	La justa a pobre depende de las tolerancias del contenedor	Datos limitados, se esperan cambios de color	Distribución difusa desde la superficie OLED, que puede tener forma.	Alta[e]

a. La luminaria tiene un efecto significativo sobre las condiciones ambientales locales que experimenta la lámpara.
b. La eficacia del sistema no es aplicable a las lámparas de incandescencia de voltaje de línea porque no emplean equipos auxiliares.
C. El rápido cambio se debe al ritmo del desarrollo tecnológico.
d. En el momento de la publicación, una mayor eficacia está ligada a temperaturas de color más altas.
e. Cuanto más frío, mejor. El color y la salida de lúmenes varían con la temperatura. Las temperaturas más altas reducen la vida.
F. La eficacia de la lámpara no se aplica a los OLED porque la lámpara no se puede tratar independientemente del sistema.

Cuadro 13.2 | Tipos de Eficacia en Unidades de Lúmenes por Vatio (LPW)

Tipo de Eficacia	Numerador (Lúmenes)	Denominador (Vatios)	Descripción
Lámpara (Luminosidad)	lúmenes generados por la lámpara	Vatios de entrada a la lámpara	Formalmente llamada eficacia luminosa, es una medida que aísla el rendimiento de la lámpara sin hacer referencia a un equipo auxiliar, una luminaria o una aplicación de diseño. Para la medición se emplean condiciones térmicas, eléctricas y fotométricas estandarizadas.
Sistema	lúmenes generados por la lámpara	Vatios de entrada al equipo auxiliar [a]	Una medida de lúmenes generados por la lámpara cuando se opera con equipo auxiliar, pero de forma aislada de una luminaria y una aplicación de diseño.
Luminaria	lúmenes que salen de la luminaria	Vatios de entrada al equipo auxiliar [a]	Una medida de lúmenes emitidos por la luminaria que tiene en cuenta la absorción y otras pérdidas, pero de forma aislada de una aplicación de diseño.
Aplicación	Lúmenes entregados al plano(s) objetivo.	Vatios de entrada al equipo auxiliar [a]	Una medida que considera los lúmenes que inciden directamente en un plano (o planos) objetivo, al mismo tiempo que considera la potencia de entrada necesaria para entregar esos lúmenes.

a. El equipo auxiliar puede incluir un transformador, balastro, controlador y/o generador de alta frecuencia. Una sola pieza de equipo auxiliar puede accionar más de una lámpara, como ocurre con un balastro de 2 lámparas, un controlador LED o un transformador para riel de bajo voltaje. Una sola lámpara puede requerir más de un equipo auxiliar, como ocurre con una lámpara LED que requiere un transformador y un controlador.

Las lámparas LED *pueden ser integradas o no integradas*

» ***Lámpara LED, no integrada*** *Una lámpara con LED, sin controlador LED ni fuente de alimentación integrados y con una base estandarizada ANSI diseñada para conectarse a una luminaria LED.*

» ***Lámpara LED integrada*** *Una lámpara con LED, un controlador LED o fuente de alimentación integrados y con una base estandarizada ANSI diseñada para conectarse a una luminaria LED.*

13.3 VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO DE LÚMENES

Para lámparas incandescentes, fluorescentes y HID, la vida útil nominal de la lámpara es el tiempo total de funcionamiento en el que, en condiciones normales de funcionamiento, se espera que haya fallado el 50% de cualquier grupo grande de lámparas instaladas inicialmente. Ésta es una estimación estadísticamente determinada de la vida operativa media. La Figura 13.1 muestra los rangos de vida útil típica de una lámpara para diversas fuentes de luz. Con los sistemas SSL, la vida útil se define como el tiempo en horas en el que la producción de lúmenes se ha degradado a un porcentaje particular de lúmenes iniciales. Lo más común para los LED es emplear un tiempo en el que se estima que producen el 70% de los lúmenes iniciales, un tiempo conocido como L_{70}. Este método de definir la vida útil de las lámparas LED supone que las lámparas LED que fallan catastróficamente serán reemplazadas (consulte 7.5.6.3 Mecanismo de falla). Lo más común para los LED orgánicos (OLED) es emplear un tiempo en el que se estima que producen el 50 % de los lúmenes iniciales, un tiempo conocido como L_{50}.

Todas las fuentes de luz pierden cierta capacidad de producir radiación óptica durante su vida útil. Esta pérdida varía según el tipo de fuente de luz y se conoce como depreciación del lumen de la lámpara (LLD). La capacidad de una fuente de luz para mantener su capacidad de producir radiación óptica es lo opuesto al LLD y se conoce como mantenimiento del lumen. Por ejemplo, las lámparas fluorescentes lineales de grado de especificación T8 generalmente tienen un mantenimiento de lúmenes superior al 90 % al final de su vida útil, lo que corresponde a una pérdida al final de su vida útil del 10 % de los lúmenes iniciales. Las lámparas T5 y T5HO generalmente tienen un mantenimiento de lúmenes superior al 95 % al final de su vida útil, lo que corresponde a una pérdida al final de su vida útil del 5 % de los lúmenes iniciales. Para los LED, L_{70} corresponde a una pérdida al final de su vida útil del 30% de los lúmenes iniciales.

Dependiendo del tipo de fuente de luz y del fabricante, el mantenimiento del lumen se especifica de diferentes maneras. Por lo general, se proporcionan los valores de lumen inicial y medio. Los lúmenes iniciales se miden después de un período de secado de la lámpara. Los lúmenes medios son el número esperado de lúmenes emitidos en algún porcentaje de la vida útil nominal, que generalmente se considera el 40% de la vida útil nominal para lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos. Con lámparas fluorescentes lineales, la elección del balastro (por ejemplo: instantáneo, rápido, inicio de programa) y/o el ciclo de operación (por ejemplo: 3 horas por inicio, 12 horas por inicio) pueden influir en la vida útil de la lámpara y, por lo tanto, en el perfil de LLD. Para algunas lámparas halógenas de tungsteno y halógenas de infrarrojos, la producción de lúmenes al 40% de la vida útil nominal de la lámpara es aproximadamente equivalente a los lúmenes iniciales. La producción lumínica media no se informa para los productos SSL. El tiempo medio de lúmenes se considera el 50 % de la vida útil nominal para la mayoría de los demás tipos de lámparas. [5] Consulte los datos específicos de la lámpara del fabricante.

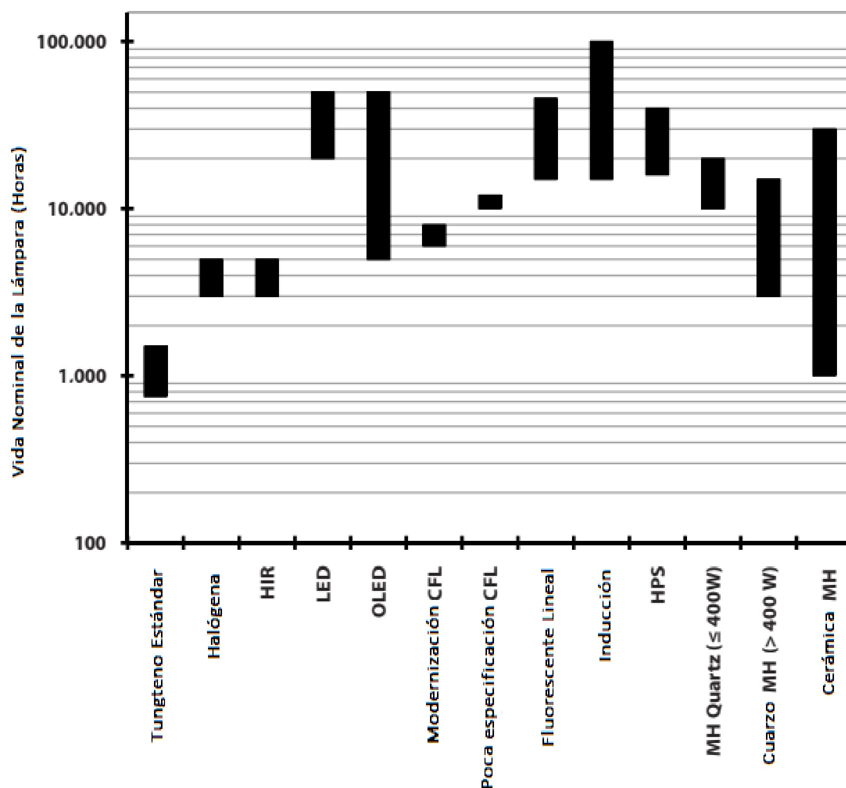


Figura 13.1 | Vida Útil Nominal de la Lámpara
Se muestran los rangos de vida útil típica de la lámpara en horas para diversas fuentes de luz eléctrica. Todos los rangos son para salida de lúmenes completos. La atenuación puede aumentar, disminuir o no tener ningún efecto en la vida útil de la lámpara; consulte las Tablas 13.1 a y 13.1 b para conocer la vida útil de la lámpara frente a las tendencias de atenuación.

Con todas las familias de lámparas excepto SSL, el LLD se calcula comúnmente como una relación entre los lúmenes medios y los iniciales. El factor LLD se emplea al realizar cálculos para la iluminancia mantenida y/u otras cantidades fotométricas (consulte 10.7.1.2 Factores de pérdida de luz recuperables). Se debe esperar que este método conduzca a instalaciones que no logren entregar la iluminancia de diseño durante el período más allá del porcentaje de vida nominal para el cual se define la media de lúmenes. Por ejemplo, considere una lámpara de halogenuros metálicos de 320 W con una vida útil nominal de 20.000 horas, lúmenes iniciales de 31.000 y lúmenes medios de 18.000. LLD se puede calcular como 18.000/31.000 = 0,58. Incluso cuando este valor se emplea como parte de un cálculo de diseño, se debe esperar que la iluminancia caiga por debajo de la iluminancia objetivo después de que haya transcurrido el 40% de la vida nominal, lo que corresponde a 8.000 horas (20.000 horas x 0,40 = 8.000 horas). IES desarrolló el LM-80 para proporcionar un método estándar para pruebas de mantenimiento del lumen de productos SSL [6]. Es uno de una serie continua de métodos aprobados por IES, que están escritos para permitir resultados consistentes entre laboratorios mediante el establecimiento de métodos de prueba uniformes. LM-80 codifica el método de medición para el mantenimiento de lúmenes de fuentes LED, que se define para incluir paquetes de LED, matrices de LED y módulos de LED. LM-80 define la "vida nominal de mantenimiento de lúmenes" (Lp) para LED como el tiempo de funcionamiento transcurrido durante el cual la fuente de luz LED mantendrá el porcentaje, p, de su salida de lúmenes inicial. Por ejemplo, L70 es el tiempo en horas hasta el 70 % de mantenimiento del lumen y L50 es el tiempo en horas hasta el 50 % de mantenimiento del lumen. La solicitud de diseño determina qué valor puede ser más apropiado para cada aplicación. L70 es apropiado para aplicaciones de iluminación general, mientras que L50 puede ser apropiado para algunas aplicaciones decorativas donde la cantidad de lúmenes es de mínima importancia.

LM-80 es un método estándar para la medición real de la vida útil nominal del lumen. No proporciona orientación ni hace recomendaciones sobre estimaciones predictivas o extrapolaciones. Para poner esto en contexto, hay 8.760 horas en un año. Una vida útil de una lámpara de 50.000 horas corresponde a 11 años de funcionamiento a 12 horas al día. La rápida introducción de nuevos productos LED significa que los fabricantes emplean modelos para hacer predicciones sobre las características del producto que dependen de las horas de funcionamiento, incluido el mantenimiento del lumen, el cambio en la longitud de onda dominante y la vida útil de la lámpara. Se debe emplear un LLD no superior a 0,70 para productos SSL en aplicaciones donde la cantidad de luz es un criterio de diseño clave. Se puede adoptar un enfoque menos conservador cuando la cantidad de luz es un criterio de diseño menos importante, como para una aplicación decorativa o de vista directa. Este enfoque menos conservador emplea el modelo LLD tradicional:

1. Elija el Lxx apropiado según la aplicación. Tenga en cuenta que Lxx define la vida útil en la que se debe considerar que los LED han fallado y requieren reemplazo.

2. Calcule la vida útil en lúmenes medios (LML) en horas, según el Lxx apropiado determinado en el paso (1) usando la ecuación: LML= Lxx • 0,40

3. Obtenga la curva LLD para el producto LED que se está considerando. Estas curvas están disponibles a través de los fabricantes. Un ejemplo se proporciona en la Figura 7.53. Dado el rápido ritmo del desarrollo de nuevos productos, estas curvas se basarán en predicciones del futuro previsible.

4. Dibuje una línea vertical desde el LML calculado en el paso (2) hasta la intersección de la curva LLD obtenida en el paso (3). Lea el eje vertical para encontrar el LLD apropiado.

Se debe esperar que el método anterior conduzca a instalaciones que no proporcionen la iluminancia de diseño durante el último 60% de la vida útil del sistema. Ninguno de los métodos (es decir, seleccionar un LLD de 0,70 o utilizar una relación entre lúmenes medios e iniciales) tiene en cuenta fallos catastróficos, que requieren un reemplazo puntual. Este método tampoco tiene en cuenta fallas paramétricas (consulte 7.5.6.3 Mecanismo de falla), como el cambio de color.

La depreciación de lúmenes va acompañada de una disminución de la eficacia luminosa en todos los tipos de lámparas. La tasa de cambio depende del perfil de LLD. Ver 13.2 Eficacia y Figuras 7.24, 7.33 y 7.40. La vida útil de la lámpara no se ve afectada por el número de encendidos de las lámparas de filamento y SSL. La vida útil publicada de las lámparas fluorescentes y HID se basa en el ciclo de funcionamiento. Los ciclos de funcionamiento estándar son 3 horas encendido / 20 minutos apagado para lámparas fluorescentes [7] [8] y 11 horas encendido / 1 hora apagado para lámparas HID [9]. Los fabricantes pueden informar la vida útil en función de diferentes ciclos operativos, especialmente cuando las lámparas están destinadas a aplicaciones donde estos ciclos operativos serían atípicos. Por ejemplo, la vida útil de muchas lámparas de halogenuros metálicos de 1500 W destinadas a la iluminación deportiva se basa en cinco o más horas por encendido. La vida útil de la lámpara generalmente aumenta con el tiempo de funcionamiento por encendido para lámparas fluorescentes y HID.

13.4 EQUIPO AUXILIAR

Con excepción de las lámparas de incandescencia de tungsteno de voltaje lineal, todas las demás fuentes de luz requieren equipo auxiliar: las lámparas de incandescencia de bajo voltaje requieren un transformador; las lámparas fluorescentes y HID requieren un balasto; las lámparas de inducción requieren un generador de alta frecuencia; y las lámparas SSL requieren un controlador y algunas también requieren un transformador. Estos componentes auxiliares se analizan en las secciones respectivas de 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. Las estrategias de control incluyen: encendido/apagado; oscurecimiento; control de escena digital; integración de luz natural que puede incorporar control de iluminación eléctrica y control de cortinas; detección y control de ocupación; control del tiempo; ajuste de tareas; ajuste del mantenimiento del lumen; respuesta de la demanda; control de red centralizado; y control distribuido. Estas estrategias de control se analizan en 19.2 Estrategias de control de iluminación. Desde el punto de vista de la lámpara, todas estas estrategias de control se dividen en una de dos categorías: conmutación o atenuación, aunque con diferentes tiempos de ciclo. Las opciones de equipo auxiliar y estrategia de control afectan el rendimiento y las características operativas de diferentes tipos de lámparas. Las consideraciones más destacadas incluyen: rendimiento de atenuación; vida útil de la lámpara; eficacia; salida de luz; color y ruido.
Las fuentes de luz tienen un rendimiento de atenuación muy diferente, que depende en gran medida del tipo de lámpara específico, los componentes auxiliares (por ejemplo: balasto, controlador) y el equipo de control. La Tabla 13.3 enumera consideraciones clave de rendimiento y califica las lámparas con círculos verdes (normalmente buenos para la mayoría de las lámparas de la familia), diamantes naranjas (varía de bueno a malo, tenga cuidado) o rojos ex (rendimiento deficiente).

Las lámparas de filamento se atenúan suavemente entre el 100 y el 0 % de salida de lúmenes. Las lámparas fluorescentes no se pueden atenuar a cero lúmenes. Algunos tipos, como las CFL regulables con base de rosca, se apagan cuando se atenúan al 30-40 % de la potencia. Las CFL regulables con rosca también tienen cambios de cromaticidad muy diferentes a medida que se atenúan, en comparación con las lámparas incandescentes que pretenden reemplazar, como se ilustra en la Figura 13.2 [10]. Hay disponibles equipos de atenuación de primera calidad para las lámparas fluorescentes lineales más comunes que permiten atenuar hasta un mínimo del 0,5 % de la salida máxima de lúmenes. Las lámparas HID no se pueden atenuar por debajo del 50% sin comprometer su vida útil o crear cambios de color considerables. En teoría, los LED se pueden atenuar del 100 al 0 %, en pasos imperceptibles y sin parpadeo. Al momento de su publicación, pocos productos tienen esta capacidad. Al tomar una decisión sobre la especificación de LED, es prudente preguntar sobre el rendimiento de la atenuación y/o evaluar muestras de todos los componentes, incluida la luminaria LED, el controlador y el dispositivo de control de uso final. La vida útil de la mayoría de las lámparas fluorescentes se ve afectada por el método de encendido del balasto. Algunos fabricantes proporcionan figuras o tablas que resumen la vida útil de la lámpara en función del método de arranque del balasto y el ciclo de funcionamiento. Un ejemplo de ello se proporciona en la Figura 13.3, que ilustra que la combinación de lámpara/balasto puede afectar la vida útil de la lámpara T8 en más del 50%. En aplicaciones que hacen funcionar las lámparas fluorescentes con frecuencia, como con los sensores de ocupación, Se deben emplear balastos de arranque programado en lugar de balastos de arranque instantáneo (ver 7.3.6.5 Balastos).

Para instalaciones HID que emplean sensores de ocupación, las lámparas deben atenuarse cuando el espacio esté desocupado, ya que apagar las lámparas requeriría volver a encenderlas y calentarlas cuando el espacio vuelva a estar ocupado. Las lámparas HID deben atenuarse a no menos del 50 % de su potencia total, lo que no tiene ningún efecto apreciable en la vida útil de la lámpara. La vida útil del filamento y de la lámpara LED no se ve afectada por el ciclo de funcionamiento. La atenuación prolonga la vida útil de las lámparas de incandescencia, pero a expensas de la eficacia. La atenuación puede prolongar la vida útil de la lámpara LED, pero sólo si va acompañada de una reducción en la temperatura de la unión, que es el principal determinante de la vida útil de la lámpara LED.

Los balastos y controladores electrónicos son casi inaudibles a plena potencia o cuando están atenuados y es poco probable que causen problemas de ruido en los interiores comerciales típicos. Con balastos magnéticos, la atenuación puede crear vibraciones en las placas de un transformador. El zumbido resultante no suele ser problemático para aplicaciones que emplean atenuación HID, como almacenes y estacionamientos, ya que estas aplicaciones tienden a tener otros ruidos de fondo y la atenuación a menudo se restringe a momentos de desocupación.

Paquete de LED *Un conjunto de uno o más matrices de LED que contiene: conexiones de unión de cables; posiblemente un elemento óptico; e interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas. El dispositivo no incluye fuentes de alimentación, no incluye una base estandarizada ANSI y no está conectado directamente al circuito derivado.*

Matriz de LED *Un conjunto de paquetes de LED en una placa o sustrato de circuito impreso, posiblemente con elementos ópticos e interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas adicionales. El dispositivo no contiene una fuente de alimentación, no incluye una base estandarizada ANSI y no está conectado directamente al circuito derivado.*

Módulo LED *Un componente de una fuente de luz LED que incluye uno o más LED conectados al lado de carga de una fuente de alimentación LED o controlador de LED. Los componentes eléctricos, electrónicos, ópticos y mecánicos también pueden formar parte de un módulo LED. El módulo LED no contiene una fuente de alimentación y no está conectado directamente al circuito derivado.*

Aplicación de vista directa *Una aplicación de diseño de iluminación en la que las lámparas y/o luminarias están destinadas a ser vistas directamente, en lugar de emplearse para la iluminación general de personas u objetos. Los ejemplos incluyen efectos de brillo, marcadores de navegación y paredes multimedia.*

Luminaria LED *Una unidad de iluminación LED completa que consta de una fuente de luz y un controlador junto con piezas para distribuir la luz, colocar y proteger la fuente de luz y conectar la fuente de luz a un circuito derivado.*

Cuadro 13.3 | Clasificaciones de Rendimiento de Atenuación

Consideración del Desempeño	Descripción	Filamento	Base de Rosca CFL[b]	Base con Pines CFL	Flurescente Lineal	HID	SSL
Rango de Atenuación	Capacidad para reducir la producción a un nivel muy bajo, a menudo expresada como un porcentaje de la producción lumínica completa.	●	✖	◆[f]	●	●[g]	◆
Suavizado	Los cambios de salida de lúmenes deben ser suaves, sin parpadeos ni pulsaciones y todas las lámparas en el dispositivo de control deben trabajar juntas cuando se ajusta la salida.	●	◆	●	●	●[g]	◆
Partida y Calentamiento	Capacidad de las lámparas para encenderse con la configuración de salida mínima y también la capacidad de alcanzar la salida máxima rápidamente	●	◆[c]	●	◆	◆[h]	◆
Estabilidad del Lumen de Salida	La salida de lúmenes no debe cambiar sin la intervención del usuario y no debe haber parpadeos ni pulsaciones.	●	◆	●	●	●[g]	◆
Integración con Controles	Capacidad de la lámpara y el equipo auxiliar para integrarse con sensores de ocupación, sistemas de automatización de edificios, etc.	●	◆[d]	●	●	◆[i]	◆
Cambio de Color	Estabilidad de CCT y CRI en función de la atenuación.	◆[a]	◆[e]	●	●	◆[g]	◆
Vida	La vida útil de la lámpara no disminuye como resultado de la atenuación	●	◆	◆	●	●	●
Ruido	La lámpara y el equipo auxiliar deben ser casi inaudibles en todo el rango de atenuación.	◆	●	●	●	◆	●

a. Cambio significativo hacia lo cálido con atenuación, lo que muchos consideran deseable.
b. Aplicable sólo a los tipos limitados que son capaces de atenuarse.
c. El arranque es casi instantáneo, el calentamiento se retrasa gracias a la tecnología de amalgama.
d. Puede que no sea compatible con todos los atenuadores incandescentes.
e. El rendimiento del cambio de color es muy diferente al de las incandescentes que pretenden reemplazar.
F. Sólo las lámparas de 4 pines son capaces de atenuarse; el rendimiento depende del balasto y de la lámpara.
g- El alcance, la suavidad, la estabilidad y el cambio de color no cumplen con los estándares de los fluorescentes lineales, pero el rendimiento es adecuado para la mayoría de las aplicaciones de atenuación HID.
h. Debe energizarse a plena potencia y dejarse estabilizar antes de atenuarse.
i. Integración más complicada con sistemas de automatización de edificios que los fluorescentes.

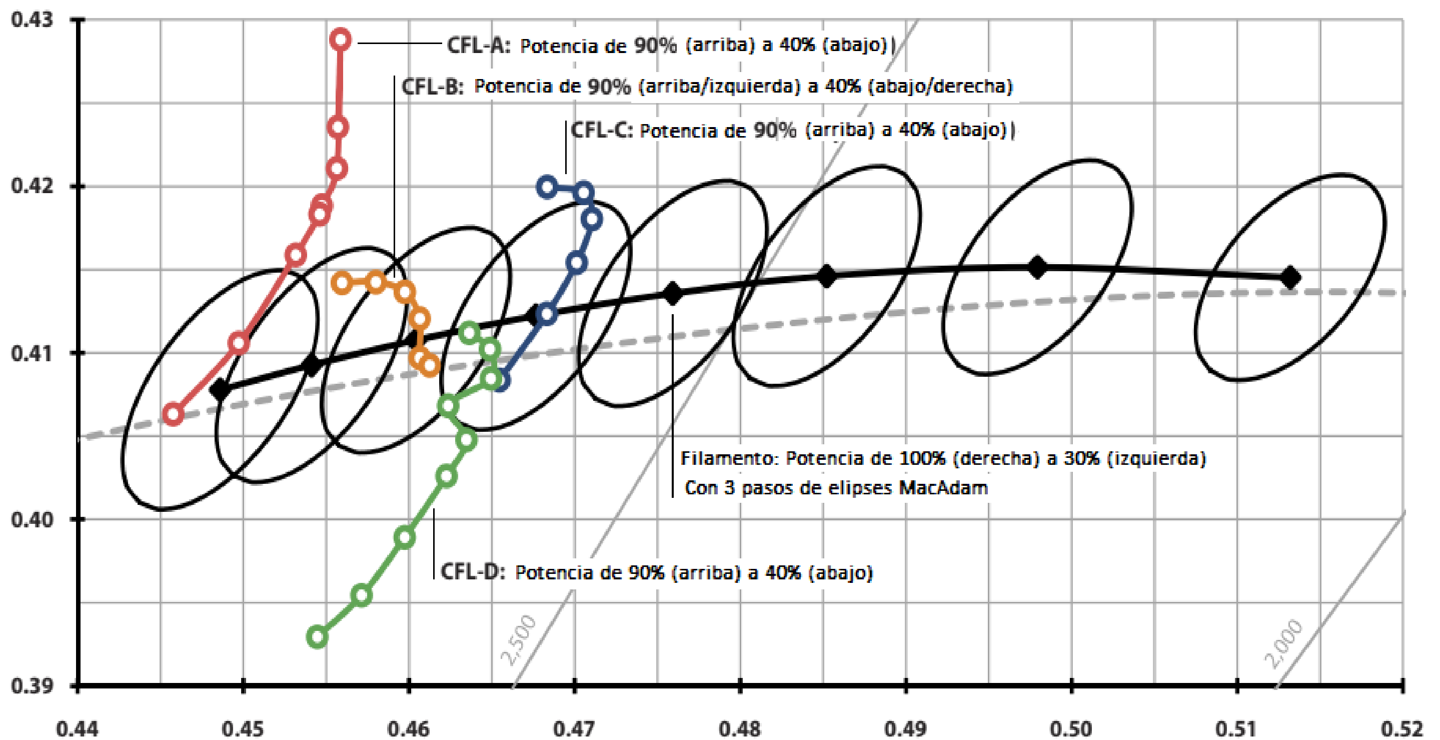


FIGURA 13.2 | ATENUACIÓN Y CAMBIO DE CROMATICIDAD DE LÁMPARAS CFL DE FILAMENTO Y DE ROSCA
Las elipses de MacAdam de tres pasos para una lámpara incandescente se muestran en incrementos de atenuación del 10% de incremento desde el 100% al 30% de potencia, junto con el cambio de cromaticidad para cuatro marcas diferentes de CFL regulables de lámparas con rosca. [7].

La atenuación electrónica de las lámparas de incandescencia puede provocar vibraciones en los filamentos, lo que crea un zumbido audible (consulte 7.2.5.2 Atenuación). Algunas estrategias de enfriamiento para disipadores de calor LED dependen del aire forzado, ya sea con ventiladores o membranas pulsantes. Algunas fuentes de alimentación de bajo voltaje, que pueden usarse para alimentar LED o fuentes de filamentos de bajo voltaje, también emplean ventiladores para enfriar las piezas internas. Incluso en productos que emplean ventiladores silenciosos, el sonido del aire en movimiento puede ser problemático en entornos donde es deseable minimizar el ruido de fondo. Al considerar estos productos para espacios acústicamente sensibles, es prudente evaluar muestras de productos y coordinarlos con un asesor en acústica.

13.5 INICIO Y REINICIO

Las lámparas LED y de filamento se encienden instantáneamente y se pueden cambiar rápidamente sin efectos nocivos en el rendimiento. Incluso es posible conmutar los LED a frecuencias tan altas que se puedan transmitir señales digitales sin que la visión humana las note. Las lámparas fluorescentes se encienden instantáneamente o en unos pocos segundos, según el método de encendido del balasto. El tiempo de calentamiento de todas las lámparas fluorescentes depende de la temperatura ambiente. Las lámparas fluorescentes pueden requerir balastos especiales para arrancar en climas fríos. El reinicio de las lámparas fluorescentes es casi instantáneo. Las lámparas HID son insensibles a la temperatura ambiente una vez que se encienden, pero pueden necesitar balastos especiales para climas fríos que se encienden en climas severos. Mientras que el arranque se produce en cuestión de segundos, las lámparas HID requieren de varios a más de 10 minutos para alcanzar más del 90 % de la salida total de lúmenes. Una vez apagadas, las lámparas HID deben enfriarse antes de poder volver a encenderse y volver a su máxima potencia. El tiempo hasta la salida de luz utilizable varía desde varios minutos para las lámparas HPS hasta más de 20 minutos para algunos tipos de lámparas de halogenuros metálicos.

Cuando se emplean lámparas HID para iluminación general, la iluminación de emergencia debe tener capacidad de encendido instantáneo y debe permanecer activa durante el reinicio y el calentamiento en lugar de apagarse cuando se restablece la energía. Consulte 16.4 Integración con iluminación de emergencia.

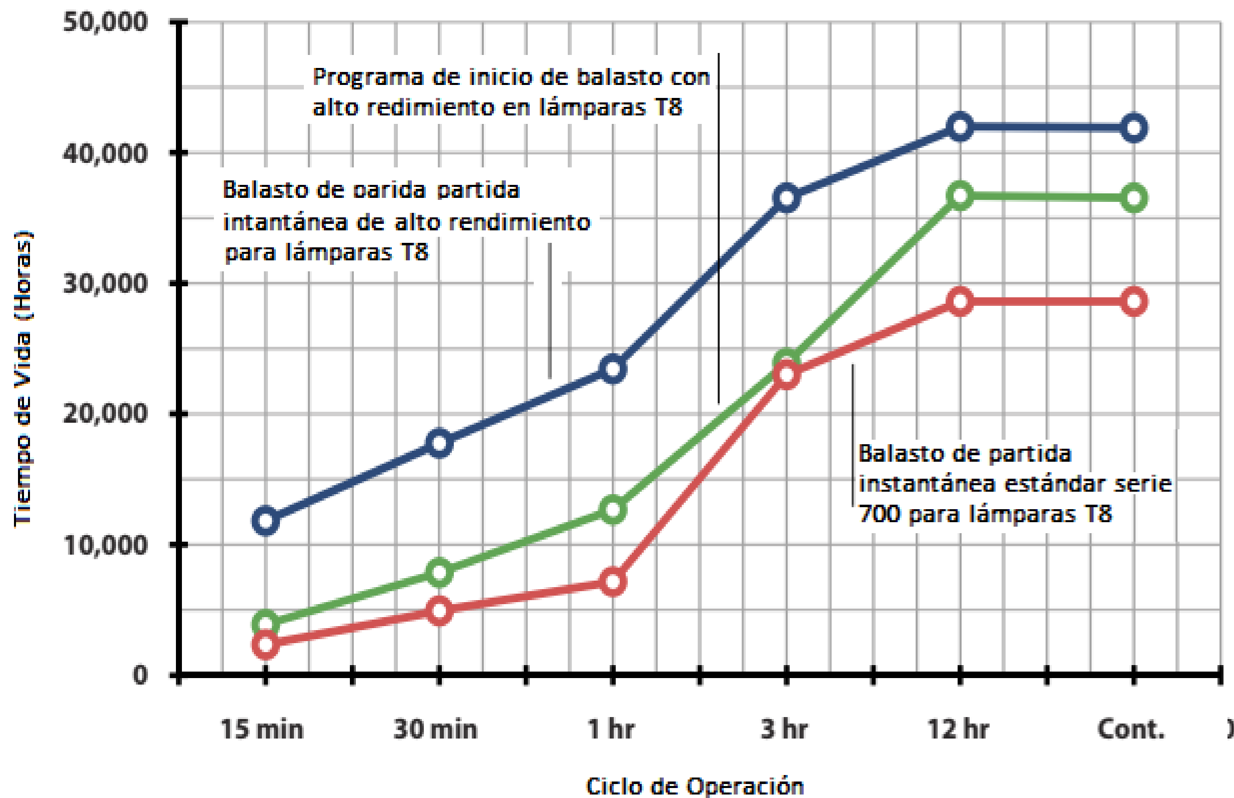


FIGURA 13.3 | VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE LINEAL T8 VERSUS MÉTODO DE ARRANQUE DEL BALASTRO Y CICLO DE OPERACIÓN

Si bien es probable que se mantengan tendencias como estas, estos datos no deben generalizarse para todos los productos fluorescentes lineales. Verificar datos con fabricantes de lámparas y balastos.

13.6 COLORES

Las consideraciones de especificación más destacadas relacionadas con el color incluyen: reproducción cromática (consulte 6.3 Reproducción cromática); temperatura de color (consulte 6.2.5 Temperatura de color y temperatura de color correlacionada); uniformidad y estabilidad del color (consulte 6.2 Especificación de color: sistema CIE y 7.4.8.4 Uniformidad y estabilidad del color); y potencial de saturación de color (consulte 6.2.4 Longitud de onda dominante, pureza de excitación y longitud de onda dominante complementaria).

Las tablas 13.1a y 13.1b proporcionan un resumen de CCT, CRI y clasificaciones cualitativas y comentarios sobre la uniformidad y estabilidad del color. Además, la Figura 13.4 proporciona el rango típico de CCT para lámparas comunes y la Figura 13.5 proporciona el rango típico de CRI. Se proporcionan detalles adicionales en las secciones pertinentes de 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

13.7 INTENSIDAD DIRECCIONAL

Muchas fuentes de luz son omnidireccionales. Los ejemplos incluyen fluorescentes lineales, CFL y las lámparas HID con forma ED y BT. Estas fuentes de luz no incorporan componentes ópticos integrales.
Están destinadas a ser empleadas en luminarias que redirigen los lúmenes de la lámpara hacia el objetivo a iluminar.

Otras fuentes de luz incorporan un reflector y/o una lente refractiva como componentes integrales, incluidas algunas lámparas halógenas de filamento IR y lámparas de halogenuros metálicos cerámicos. Las bombillas comunes incluyen las formas PAR, MR y AR. Si bien el flujo luminoso es un parámetro de rendimiento importante para caracterizar la salida de radiación óptica de las lámparas omnidireccionales, los parámetros importantes para las lámparas reflectoras son la intensidad luminosa máxima del haz central (comúnmente llamado candela) y el ángulo del haz, como se muestra en el diagrama de la Figura 7.22 | Ángulo de haz. La mayoría de los paquetes de LED tienen una lente refractiva que da forma deliberadamente a la distribución de emisión del flujo luminoso, incluidos los patrones de haz de emisión lateral, emisión difusa y varios, desde estrecho a ancho.

Las fuentes de luz direccionales pueden superar a las fuentes de luz omnidireccionales incluso cuando la eficacia es menor. Esto se debe a que cuando se instalan fuentes de luz omnidireccionales en el caso de luminarias, es típico que se pierda por absorción una mayor fracción de lúmenes que con luces direccionales. Consideremos, por ejemplo, dos iluminates hacia abajo con aperturas idénticas y reflectores embellecedores, uno que emplea una lámpara CFL y el otro LED. Las lámparas CFL son omnidireccionales y comparativamente grandes; una gran fracción de los lúmenes de la lámpara se absorbe dentro de la luminaria. Los LED son direccionales y pequeños; una fracción mucho menor de los lúmenes se pierde por absorción. Aunque, en el momento de la publicación, la eficacia de las lámparas CFL suele ser mayor que la de las lámparas LED, la eficacia de las luminarias puede ser menor. El cuadro 13.4 proporciona detalles cuantitativos para uno de esos ejemplos.

Omnidireccional *Emisión de radiación en todas direcciones. Un caso especial de omnidireccional es el isoradiante, que es la emisión de la misma cantidad de radiación en todas direcciones. Una lámpara incandescente GLS esmerilada es casi isoradiante, excepto que la radiación es menor en la dirección de la base.*

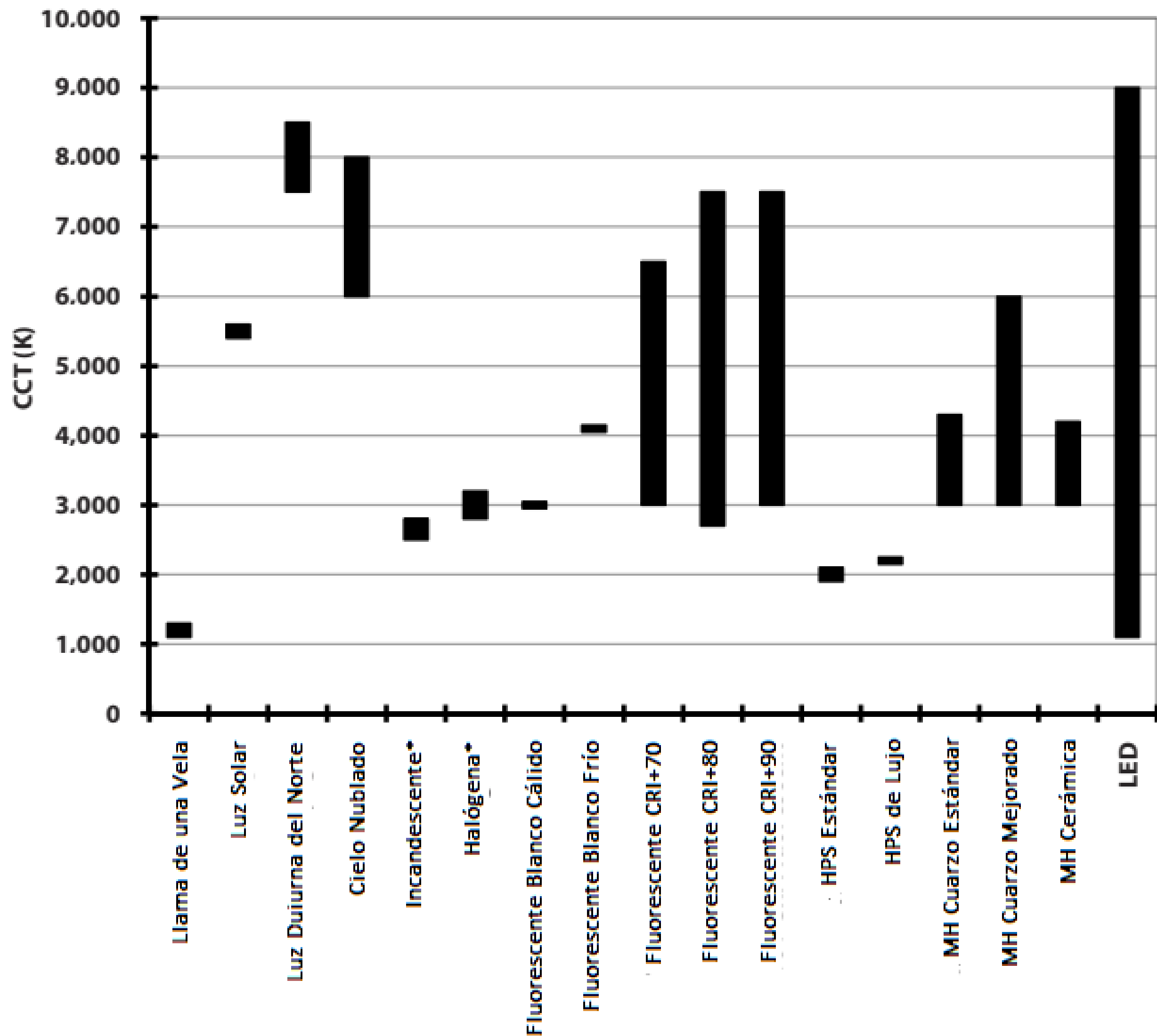


FIGURA 13.4 | RANGOS DE CCT TÍPICOS

Se muestra el rango de CCT típico en kelvin para luz diurna y diversas fuentes de luz eléctrica. *Las bombillas incandescentes y halógenas están a su máxima potencia; la atenuación reduce el CCT para las lámparas de incandescencia.

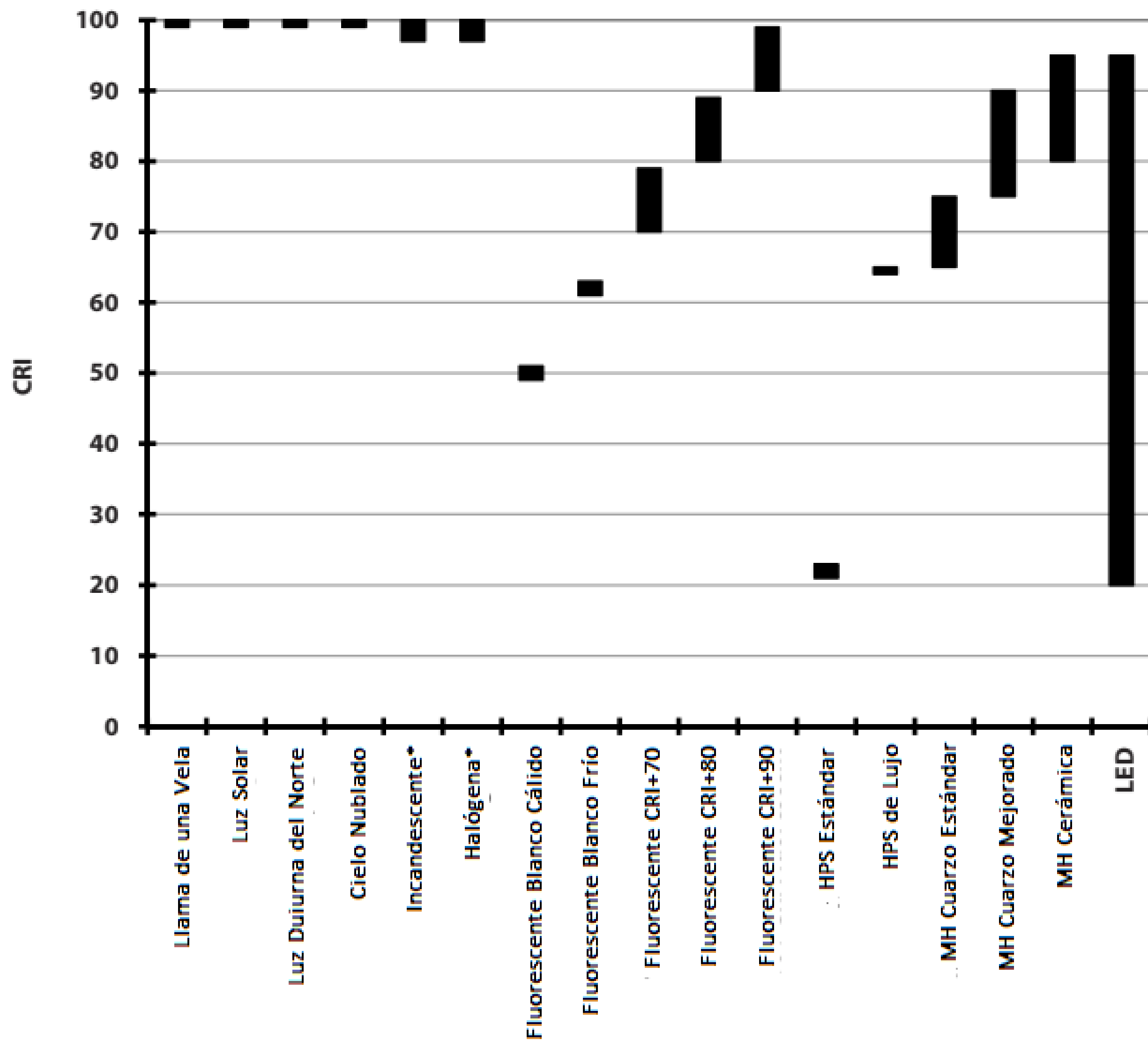


FIGURA 13.5 | RANGOS DE CRI TÍPICOS

Se muestra el rango de CRI típico para luz diurna y diversas fuentes de luz eléctrica. Los valores de incandescentes y halógenos son para envoltorios de vidrio estándar; las lámparas de filamento de vidrio coloreado o dopado tienen un CRI más bajo.

Cuadro 13.4/ Tipos de Eficacia para Iluminantes hacia Abajo CFL y SSL

Característica de Rendimiento	(2) 18W Cuad Tubo CFL[a]	(1) 32W Triple Tubo CFL[a]	LED[a, b]
Corte	55°	55°	50°
CRI	82	82	78
CCT	2700 - 4100		3000
Criterio de espaciamiento[c]	1.3/1.6	1.4	1.2
CBCP[d]	588	679	1000
Lúmenes Totales de la Lámpara	2500	2400	N/A
Potencia total de la Lámpara	36	32	N/A
Eficacia de la Lámpara	**69.4**	**75.0**	**N/A**
Potencia de Entrada al Balasto	39	36	N/A
Factor del Balasto	1.05	0.98	N/A
Potencia de Entrada al Controlador	N/A	N/A	26.9
Eficacia del Sistema	**67.3**	**65.3**	**N/A**
Eficiencia de la Luminaria	50.2%	62.2%	N/A
Lúmenes de Salida de la Luminaria	1316	1463	1426
Eficacia de la Luminaria (Lámparas Nuevas)	**33.7**	**40.6**	**53.0**
Mantenimiento de los Lúmenes al Final de la Vida Útil de la Lámpara	0.86[e]	0.86[e]	0.70
Eficacia de la Luminaria (al Final de la Vida Útil de la Lámpara)	**29.0**	**35.0**	**37.1**

a. Apertura de 6" y acabado de aluminio especular Alzak*. No es representativo de todos los productos CFL o LED.
b. Actual a partir de la publicación para tecnología de fósforo remoto. No es representativo de todos los productos LED.
C. El criterio de espaciado (SC) puede regir el diseño cuando se desea uniformidad. En este ejemplo, es posible que se requieran downlights LED adicionales ya que tienen un SC más bajo que los downlights CFL.
d. Candelas del haz central en unidades de candelas.
e-Se recomienda cambiar las lámparas en grupo al 70 % de la vida útil nominal de la lámpara para las lámparas CFL.

13.8 ENTORNO FÍSICO

La sensibilidad a la temperatura ambiente se resume en la última columna de las Tablas 13.1a y 13.1b. Las lámparas de filamento son insensibles a la temperatura ambiente, las lámparas fluorescentes están optimizadas para una temperatura ambiente específica, las lámparas HID son esencialmente insensibles a la temperatura ambiente una vez que se encienden y los LED son susceptibles a fallas tempranas si se permite que la temperatura de la unión p-n exceda un nivel específico. (normalmente 125°C).
Las lámparas T8 están optimizadas para una temperatura ambiente alrededor de la lámpara de 25 °C (77 °F), mientras que las lámparas T5 y T5HO están optimizadas para un funcionamiento a 35 °C (95 °F). Temperaturas más altas o más bajas conducen a una reducción en la producción de luz, como se ilustra en la Figura 13.6. Dado que las lámparas fluorescentes lineales consumen la misma potencia independientemente de la temperatura, estas curvas también ilustran la tendencia de la eficacia en función de la temperatura ambiente. La optimización de temperatura más alta para las lámparas T5 tiene como objetivo aprovechar la acumulación de calor en luminarias cerradas o compactas. En las luminarias abiertas, al igual que en las luminarias indirectas y directas/indirectas, la temperatura ambiente de las lámparas puede no alcanzar los 35° C y las lámparas T8 pueden funcionar mejor.
Las lámparas fluorescentes y HID requieren balastos especiales para encenderse en climas fríos. Es posible que también sea necesario revestir las lámparas fluorescentes con una funda transparente para mantener condiciones ambientales localizadas adecuadas. Con las lámparas HID, la bombilla exterior proporciona un ambiente térmico estable una vez que se enciende la lámpara. Ver también 13.5 Inicio y Reinicio.

Las lámparas de filamento, fluorescentes y HID disipan su calor principalmente a través de la radiación, lo que en el interior de edificios comerciales minimiza los requisitos de calefacción de espacios o, más típicamente, aumenta la carga de refrigeración. La división entre radiación, convección y conducción es importante a la hora de optimizar simultáneamente el diseño del sistema mecánico y de iluminación [11]. Los LED disipan su calor principalmente a través de la conducción, lo que requiere disipadores de calor para conducir el calor lejos de la unión p-n; en algunos casos también se emplea enfriamiento activo para proporcionar convección forzada. Cuando se va a utilizar una lámpara en un lugar húmedo, no se deben utilizar bases de latón; el níquel o el latón niquelado ofrecen una mejor resistencia a la corrosión.

13.9 DAÑOS Y DAÑO FÍSICO

La radiación óptica de longitud de onda corta tiene mayor energía fotónica que la radiación óptica de longitud de onda larga y un mayor potencial para dañar a personas y objetos. La Figura 13.7 ilustra el rango de microvatios de UV por lumen para diversas fuentes de luz, donde se considera que la UV es radiación óptica por debajo de 400 nm [12]. Debido a que el daño también depende del espectro de acción del material receptor (ya sea un objeto de arte, una mercancía o piel humana), también es necesario evaluar el daño. Una evaluación completa del potencial de daño requiere el conocimiento del espectro de radiación óptica generado por la fuente ver 1.4.2 Datos de potencia espectral. También puede ser necesario tener en cuenta el espectro espectralmente selectivo y el espectro absorbido por el material (consulte 6.1.3 Color del objeto) y tener en cuenta una lente de luminaria o un cubreobjetos, que pueden tener una transmitancia y atenuarán la radiación óptica.

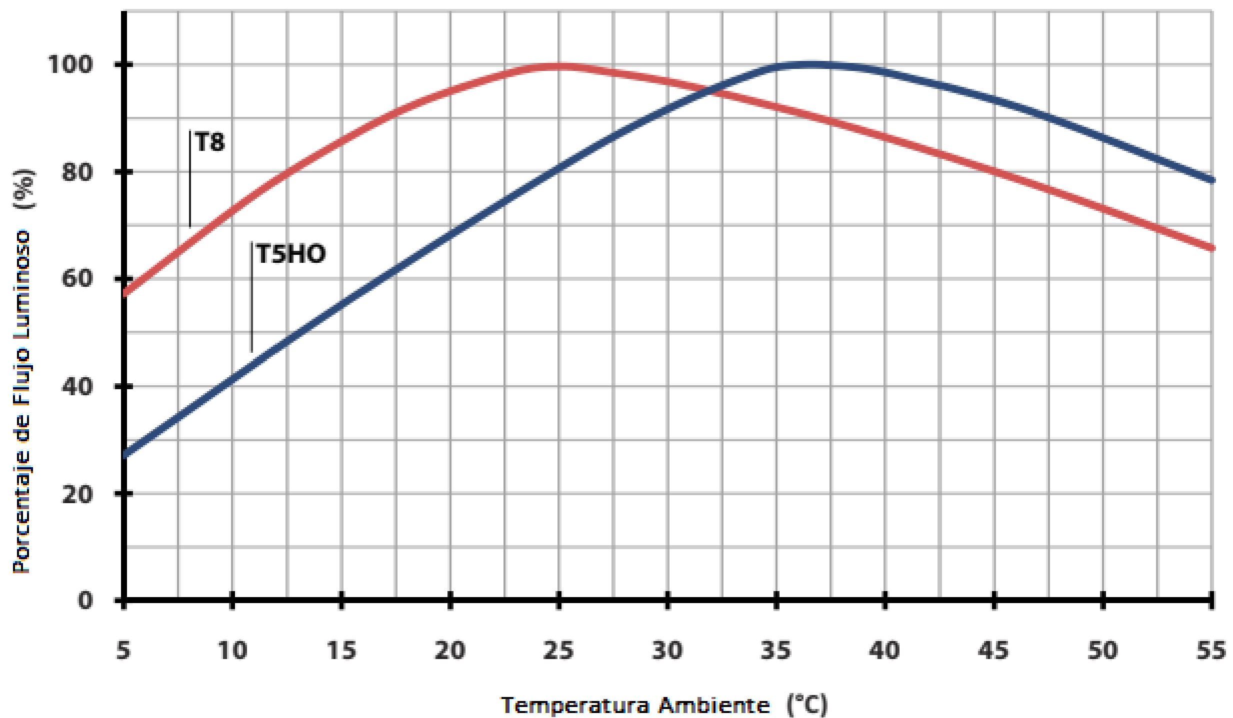


FIGURA 13.6 | SALIDA RELATIVA DE T8 Y T5HO VERSUS TEMPERATURA AMBIENTE
Ilustración de las diferentes optimizaciones en función de la temperatura ambiente para lámparas T8 y T5HO

Espectro de acción *La eficiencia con la que la radiación electromagnética produce una reacción fotoquímica en función de la longitud de onda de la radiación.*

Los materiales orgánicos *están formados parcialmente por compuestos de carbono, como los derivados de plantas o animales. La naturaleza ha proporcionado procesos para desmantelar materiales orgánicos con el fin de reciclar las moléculas que son los componentes básicos de la vida en la Tierra. Los materiales inorgánicos no contienen hidrocarburos ni sus derivados y no tienen la estructura u organización característica de los cuerpos vivos. La descomposición de materiales inorgánicos tiende a ocurrir más lentamente que la de materiales orgánicos.*

13.9.1 DAÑO POTENCIAL A LOS OBJETOS

Las consideraciones de conservación son especialmente relevantes cuando se iluminan objetos sensibles, como pinturas, textiles, tapices, muebles, libros raros, pergaminos y otros objetos orgánicos de museo. La radiación óptica puede causar daños por acción fotoquímica y calentamiento radiante. La acción fotoquímica es el proceso por el cual una molécula sufre un cambio químico como resultado de absorber un fotón. Los materiales difieren significativamente en su respuesta a la exposición a la radiación óptica. Si bien la absorción de fotones es independiente del entorno circundante, factores ambientales como la temperatura y la humedad afectan las acciones químicas que ocurren después de que un fotón ha sido absorbido. Los posibles efectos de la acción fotoquímica incluyen: cambio de color, coloración amarillenta, decoloración, oscurecimiento, pérdida de resistencia, fragilidad y agrietamiento de la superficie. La acción fotoquímica está influenciada por: la cantidad de irradiancia; duración de exposición; SPD de la radiación incidente; y espectro de acción del material receptor. [12] El calentamiento radiante es el aumento de la temperatura de la superficie provocado por la absorción de energía radiante. La elevación de la temperatura fomenta la actividad química que puede ser dañina, como cambios dimensionales, que pueden ser particularmente dañinos cuando los materiales tienen diferentes coeficientes de expansión térmica. Un ejemplo es una pintura de museo compuesta de pigmento sobre un sustrato y un barniz sobre el pigmento. El sombreado parcial de la pintura, como puede ocurrir si la pintura se inserta en un marco,

puede causar efectos de calentamiento diferenciales en el área sombreada. El encendido/apagado puede causar expansión y contracción cíclica y migración de humedad, lo que produce efectos similares a los causados por la acción fotoquímica, incluyendo decoloración y agrietamiento.

El cambio de color se puede caracterizar en el espacio de color CIE LAB utilizando una fórmula de diferencia de color (consulte 6.2.3 Diferencia de color). Las fórmulas para cuantificar el cambio de color en relación con los objetos de museo se proporcionan en la publicación CIE 157, que también proporciona procedimientos numéricos para evaluar y cuantificar el daño potencial causado por la radiación óptica [12]. El Sepia proporciona descripciones claras de las muchas consideraciones que deben equilibrarse al diseñar la iluminación para exhibiciones de museos, incluida una discusión sobre los daños potenciales causados por la radiación óptica [13]. 13.9.2

DAÑO POTENCIAL A LAS PERSONAS

La radiación óptica tiene el potencial de dañar la retina y la piel si está presente en cantidades suficientes. El daño a la retina puede ocurrir de una de tres maneras: daño mecánico---

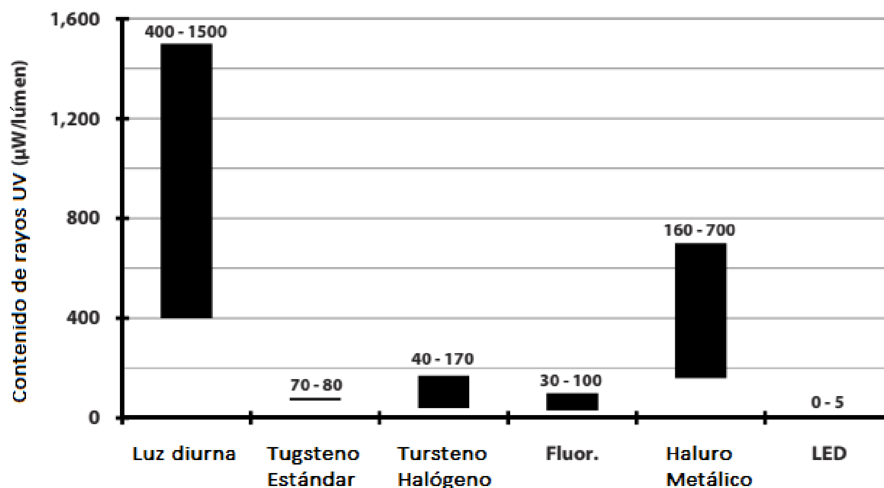


FIGURA 13.7 | CONTENIDO DE UV

Se muestra el rango de contenido de UV típico en unidades de µW/lumen para luz diurna y diversas fuentes de luz eléctrica [8].

---de láseres intensos de pulsación rápida, efecto de calor radiante y acción fotoquímica [14]. El daño mecánico sólo puede ocurrir en presencia de láseres especializados; generalmente no es relevante para la iluminación arquitectónica. El efecto del calor radiante puede provocar daños al aumentar la temperatura de la retina como resultado de la absorción de la radiación. Puede activarse mediante fuentes de luz de alta potencia enfocadas directamente en la retina, como el haz de una lámpara de arco de xenón o el sol. Generalmente, esto no es una preocupación para la iluminación arquitectónica, pero puede ser relevante para pacientes anestesiados o pacientes con pupilas dilatadas artificialmente que se someten a cirugía ocular [15].

El tercer mecanismo, también conocido como fotorretinitis [16] o “peligro de la luz azul”, reconoce que la radiación óptica puede ser el catalizador de reacciones químicas nocivas entre los componentes de la retina. La radiancia efectiva de peligro de luz azul de una fuente se calcula ponderando la radiancia espectral de la fuente mediante la función de peligro de luz azul retiniana B(λ), que alcanza su máximo entre 435 y 440 nm [17]. Para determinar la exposición admisible existe

un equilibrio entre cantidad de luz y tiempo. Se considera que cantidades más altas de luz vistas durante períodos de tiempo más cortos plantean el mismo peligro que cantidades más bajas de luz vistas durante más tiempo. Los límites de exposición permitidos se basan en un valor máximo para el producto de la radiación y el tiempo efectivos de peligro de la luz azul. Los límites se establecen mediante un proceso de consenso y se resumen en RP-27.1 [17] y RP-27.3 [18]. Véase también 3.3 Efectos de la radiación óptica en el ojo.

Los daños a la piel humana pueden deberse a una exposición excesiva a la radiación óptica UV. Este tipo de daño en la piel es una forma de eritema y comúnmente se denomina quemadura solar, aunque también puede ser causado por la radiación UV de arcos de soldadura, lámparas de bronceado, luces negras que emiten UV-B, algunas lámparas de halogenuros metálicos (especialmente aquellas con bombillas exteriores rotas).) y radiadores germicidas. El índice UV es un estándar internacional de medición que se utiliza para caracterizar la intensidad de la radiación UV del sol en un lugar y momento determinados. Un índice de cero corresponde a una radiación ultravioleta nula y un índice de 10 corresponde aproximadamente a una exposición al sol al mediodía bajo un cielo despejado. El índice corresponde a niveles de riesgo que son bajo (0-2), medio (3-5), alto (6-7), muy alto (8-10) y extremo (>11). El índice UV se utiliza principalmente en las previsiones meteorológicas diarias dirigidas al público en general, pero también se puede utilizar para caracterizar la exposición a los rayos UV de fuentes de luz eléctrica. El proceso emplea el espectro de acción del eritema de McKinlay-Diffey [19] para ponderar la SPD de la radiación UV [20]. Véase también 3.4 Efectos de la radiación óptica en la piel. IEC 62471 Seguridad fotobiológica de lámparas y sistemas de lámparas es una norma internacional que brinda orientación para evaluar lámparas y luminarias. Especifica los límites de exposición, técnicas de medición y un sistema de clasificación para evaluar el peligro fotobiológico de fuentes de radiación óptica (excluidos los láseres) entre las longitudes de onda de 200 a 3000 nm. Un segundo documento de la serie proporciona orientación sobre los requisitos de fabricación. [21] [22]

Eritema *Enrojecimiento anormal de la piel debido a la dilatación y congestión de los capilares, y a menudo asociado con inflamación o infección.*

13.10 GEOMETRÍA DE LA LÁMPARA

Las consideraciones sobre la geometría de la lámpara incluyen el tamaño físico y la forma de la bombilla exterior y/o del elemento emisor de luz y cómo se acopla el elemento emisor de luz a los componentes ópticos de la luminaria.
Algunas lámparas, como las de halogenuros metálicos de cuarzo, están disponibles en el mismo tamaño físico, pero con diferentes potencias y lúmenes. Por ejemplo, las lámparas de halogenuros metálicos con forma de bombilla exterior ED28 están disponibles en 150, 175, 250, 320 y 400 vatios. En el caso de otras familias de lámparas, una mayor producción de lúmenes suele asociarse a lámparas más grandes. Por ejemplo, con las lámparas fluorescentes, normalmente se logra un aumento en la producción de lúmenes con un aumento en el área de superficie de fósforo y por lo tanto, una mayor producción de lúmenes se asocia con lámparas más grandes. Hay excepciones: los tubos de las lámparas fluorescentes se pueden doblar para reducir la longitud total máxima (por ejemplo: lámparas curvadas en U, CFL) o se puede aumentar la carga de fósforo para aumentar la salida de lúmenes por unidad de área (por ejemplo, **salida estándar T5** versus **alta salida T5**).
Las lámparas fluorescentes lineales más utilizadas en obra nueva son la T8, seguida de la T5. Se pueden emplear lámparas T2 cuando sea ventajoso un diámetro de sección transversal muy pequeño. Los sistemas de lámpara/balasto T12 no son apropiados para nuevas especificaciones; han sido reemplazados por sistemas de lámpara/balasto T8. Otros diámetros de lámparas fluorescentes se utilizan en aplicaciones de nicho.

En aplicaciones como proyectores, iluminadores de fibra óptica y marcadores de pistas de aeropuertos, es especialmente importante garantizar un acoplamiento preciso entre el elemento emisor de luz (por ejemplo: filamento, tubo de arco) y

los reflectores y/o lentes refractivos de la luminaria. Las lámparas empleadas para estas aplicaciones tienen una longitud del centro de luz (LCL) definida, que es la distancia desde el centro del elemento emisor de luz hasta un punto de referencia específico en la lámpara, que suele ser una parte definida de la base. Las lámparas con un LCL definido emplean bases que dictan la posición de la lámpara dentro de la luminaria, incluidas las bases de bayoneta y de preenfoque. La dimensión física de una fuente de luz, que se extiende hasta las puntas de los contactos eléctricos, se define como la longitud total máxima (MOL). Las fuentes de luz más pequeñas tienden a mejorar la eficiencia óptica de las luminarias, ya que hay menos autoabsorción de radiación óptica por parte de las propias lámparas. Por ejemplo, con el mismo tamaño físico, una luminaria T5 será más eficiente ópticamente que una luminaria T8. O, con una eficiencia óptica equivalente, una luminaria T5 puede hacerse más pequeña que una luminaria T8.

Las fuentes de luz y luminarias más pequeñas también requieren menos materias primas, suelen ser más ligeras y tienden a requerir menos embalaje y menos combustible para su envío. Considere lámparas de halogenuros metálicos transparentes y recubiertas de fósforo de la misma potencia y forma de bombilla, instaladas en luminarias idénticas: la eficiencia óptica será peor en la luminaria con la lámpara recubierta de fósforo. En general, cuanto más pequeño sea el elemento emisor de luz (que puede ser un filamento, una pared de bombilla recubierta de fósforo o un tubo de arco), mejor será la eficiencia óptica de la luminaria. Los elementos emisores de luz pequeños también son necesarios cuando se requiere un haz de luz estrecho, como es necesario para proyecciones a larga distancia y para crear puntos de luz definidos.

13.11 SOSTENIBILIDAD

Una consideración completa de la sostenibilidad requiere un análisis de al menos: los componentes de las lámparas; materiales consumidos y desechados durante la fabricación; energía incorporada asociada con la extracción de materias primas, la fabricación y el transporte; consideraciones de vida útil como eficacia, mantenimiento del lumen y vida útil; y consideraciones de eliminación, como la capacidad de reciclar lámparas gastadas y la posibilidad de que componentes tóxicos se filtren en los vertederos municipales. La Figura 17.1 resume las principales entradas y salidas en cada etapa de una evaluación del ciclo de vida.

En cada etapa, desde la cuna hasta la tumba (o desde la cuna hasta la cuna), el impacto ambiental total incluye factores tales como: calentamiento global, acidificación; eutrofización\ creación de ozono fotoquímico; agotamiento de materiales abióticos y toxicidad humana [23]. No existe un método acordado para evaluar la gama completa de estas compensaciones y algunos datos (por ejemplo, la energía incorporada asociada con la fabricación) son de propiedad industrial y no están disponibles para publicación. El resto de esta sección se centra en la toxicidad de los componentes de las lámparas, el reciclaje y la limpieza de lámparas rotas que contienen mercurio. Capítulo 17 | SOSTENIBILIDAD proporciona una discusión más amplia sobre las prácticas de iluminación sostenible.

13.11.1 TOXICIDAD DE LOS COMPONENTES, REGLA UNIVERSAL DE RESIDUOS Y RECICLAJE

La mayoría de las lámparas de descarga contienen mercurio, incluidas todas las lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos y la mayoría de las lámparas de sodio de alta presión. El cadmio y el plomo también están presentes en algunos tipos de lámparas. El mercurio y el cadmio se bioacumulan en el medio ambiente. El mercurio utilizado en las lámparas puede estar en forma de vapor, líquido o sólido. Puede ingresar al cuerpo por inhalación, ingestión y absorción cutánea. El mercurio que ingresa al cuerpo puede almacenarse en los riñones o dispersarse a través de la sangre, el bazo, el cerebro, el hígado, los huesos y los tejidos grasos. Los niveles bajos de exposición pueden causar irritabilidad, excitabilidad, timidez e insomnio. La exposición continuada puede provocar espasmos musculares violentos. La exposición aguda puede causar efectos profundos en el sistema nervioso, incluidas reacciones psicóticas, tendencias suicidas y delirio. Todos los productos de iluminación que contienen mercurio están regulados por la EPA de EE. UU. según la Norma Universal de Residuos (UWR), que es un subconjunto de las regulaciones sobre residuos peligrosos del Subtítulo C de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA). La UWR agiliza la gestión de algunos productos de desecho peligrosos comunes, incluidas baterías, algunos pesticidas, termostatos y lámparas que contienen mercurio, cadmio o plomo. En

general, la UWR prohíbe el depósito de estos productos en vertederos municipales. Los fabricantes han reducido significativamente el mercurio desde la década de 1990 y continúan haciéndolo. Entre 2001 y 2004, el uso total de mercurio en lámparas fluorescentes disminuyó un 14% como resultado de los esfuerzos de los fabricantes por reducir el contenido de mercurio por lámpara [24]. Se recomienda encarecidamente el reciclaje de lámparas que contienen mercurio, independientemente del contenido de mercurio. Buenos recursos para obtener información al momento de escribir este artículo incluyen LampRecycle.org y la Asociación de Recicladores de Iluminación y Mercurio (almr.org). Varios estados han adoptado regulaciones que son más estrictas que la UWR. En el momento de la publicación, se proporciona un resumen estado por estado en almr.org.

13.11.2 LIMPIEZA DE LÁMPARAS QUE CONTIENEN MERCURIO

La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) proporciona pautas para la limpieza del mercurio de lámparas rotas. La EPA sugiere que primero se ventile la habitación durante al menos 15 minutos y que las personas y las mascotas eviten el área donde ocurrió la ruptura. Todas las piezas de la lámpara deben manipularse sin contacto con la piel y colocarse en bolsas de plástico sellables o frascos de vidrio. Se debe desechar el paño que haya estado en contacto con las piezas rotas de la lámpara. Se deben limpiar las superficies duras. Por lo general, no se recomienda aspirar ya que expulsará mercurio al aire, pero se puede utilizar después de eliminar todos los materiales visibles.

Calentamiento Global *El aumento de la temperatura media de la atmósfera terrestre por la emisión de gases de efecto invernadero que incluyen dióxido de carbono (C02) y metano (CH4).*

Acidificación *La pérdida de la base de nutrientes (por ejemplo: calcio, magnesio, potasio) en un ecosistema y su reemplazo con elementos ácidos. El potencial de acidificación está dominado por las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO2) y dióxido de azufre (SO2), que reaccionan con el vapor de agua atmosférico para formar "lluvia ácida", causando daños a los ecosistemas en la flora, la fauna, el suelo y el agua.*

Eutrofización *Aumento de la concentración de nutrientes químicos en un ecosistema que conduce a una productividad anormal de algunas especies (por ejemplo, las algas en los ríos) que posteriormente asfixia a otras especies (por ejemplo, las poblaciones de animales). Proviene principalmente del nitrógeno y el fósforo de las aguas residuales y de los fertilizantes.*

Ozono fotoquímico *También conocido como smog u ozono a nivel del suelo, se forma por la reacción de compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno en presencia de calor y luz solar. Es tóxico para los humanos en altas concentraciones.*

Materiales abióticos *Componentes químicos y físicos no vivos del medio ambiente que subyacen a toda la biología, incluida la radiación óptica, la temperatura, el agua, los gases atmosféricos y el suelo.*

Toxicidad humana *Sustancias químicas que representan un peligro para los humanos por inhalación, ingestión y contacto, incluidos mercurio, arsénico, dicromato de sodio y fluoruro de hidrógeno. Estos se deben principalmente al consumo de energía basado en combustibles fósiles. El daño potencial se basa en la dosis y la toxicidad inherente del compuesto.*

Bioacumulación *La acumulación de una sustancia, como una sustancia química tóxica, en los tejidos de los organismos vivos. Ocurre cuando la tasa de ingesta de una sustancia es mayor que la tasa de excreción o transformación metabólica de esa sustancia.*

Todos los materiales de limpieza, incluidos los paños de limpieza y la bolsa de la aspiradora, deben colocarse en un recipiente de basura al aire libre. Si el reciclaje es obligatorio a nivel local, los frascos sellados o las bolsas de plástico con las piezas rotas de la lámpara deben llevarse a la instalación local correspondiente. Siempre se prefiere el reciclaje, pero si no es obligatorio, los frascos sellados o las bolsas de plástico con las piezas rotas de la lámpara y los materiales de

limpieza se pueden colocar en un recipiente de basura al aire libre. Se deben consultar las pautas de la EPA para conocer los procedimientos detallados, que se actualizan periódicamente. [25]

13.12 LEGISLACIÓN

Se promulga legislación a nivel mundial que eliminará gradualmente las fuentes de baja eficacia. Las lámparas de filamento ya se utilizan con moderación, si es que se utilizan, en nuevas construcciones comerciales debido a los códigos energéticos y las iniciativas de sostenibilidad. Dado que son la fuente menos eficaz para la iluminación general, se espera que la legislación restrinja aún más la aplicación comercial y reduzca en gran medida la aplicación residencial.

13.12.1 LEGISLACIÓN SOBRE EFICACIA LUMINOSA

En los Estados Unidos, la Ley de seguridad e independencia energética de 2007 (EISA 2007) exige que los fabricantes mejoren las clasificaciones de eficacia y vida útil de las lámparas con estándares progresivamente más altos entre 2012 y 2014. Los requisitos de rendimiento eliminarán efectivamente los estándares lámparas incandescentes de filamento a partir de 2012. EISA 2007 requiere que el DOE de EE. UU. inicie dos reglamentaciones, a partir de 2014, para considerar si los estándares de lámparas deben ser más estrictos que los niveles de EISA 2007. En 2009, las lámparas halógenas de infrarrojos disponibles comercialmente ya cumplían los requisitos de 2014, aunque sólo en una fracción de las categorías de lámparas de incandescencia resumidas en la Figura 7.26 | Taxonomía de lámparas de filamento. Aunque las lámparas halógenas de infrarrojos todavía no se utilizan ampliamente, es probable que la legislación impulse un cambio en el mercado.

Los requisitos de EISA 2007 se aplican a todas las lámparas de servicio general, incluidas las de filamento, fluorescentes compactas, LED, OLED y "cualquier otra lámpara que el Secretario determine que se utiliza para satisfacer aplicaciones de iluminación tradicionalmente atendidas por lámparas incandescentes de servicio general". Si la reglamentación de 2014 no puede producir ahorros mayores o iguales a los ahorros de un estándar mínimo de eficacia de 45 lúmenes por vatio, a partir del 1 de enero de 2020, entonces la venta de cualquier lámpara de servicio general que no cumpla con un estándar mínimo de eficacia de 45 lúmenes por vatio se prohibirán. Ésta es la única circunstancia que puede constituir una prohibición total de una determinada tecnología.

13.12.2 LEGISLACIÓN PARA LÁMPARAS DE FILAMENTO PAR DE 130 V

En el pasado, era común especificar lámparas de 130 V para circuitos de 120 V con el fin de extender su vida útil al operar la lámpara en un estado continuamente atenuado. La reglamentación del DOE de EE. UU. para las normas de 2012 puede eliminar efectivamente esta práctica en lo que se refiere a las lámparas PAR 20, 30 y 38. La Tabla 13.5 ilustra que se requerirán estándares mínimos de eficacia más altos para las lámparas de 130 V que para las de 120 V.

13.13 NORMAS

Las normas son especialmente relevantes para las fuentes de luz que requieren equipos auxiliares para garantizar la interoperabilidad entre componentes fabricados por diferentes fabricantes. Los estándares de lámparas en América del Norte son desarrollados principalmente por: Illuminating Engineering Society (IES), National Electrical Manufacturers Association (NEMA), American National Standard Institute (ANSI), American National Standards Lighting Group (ANSLG), Next Generation Lighting Industry Alliance (NGLIA), Energy Star ®, Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y otras entidades institucionales. Las normas relacionadas con la seguridad eléctrica son desarrolladas principalmente por: Underwriters Laboratory (UL), Canadian Standards Association (CSA) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Las normas tienden a ir a la zaga del desarrollo de productos. Esto no debería ser alarmante; es simplemente una consecuencia del desarrollo de nuevos productos que se produce antes de la estandarización de esos nuevos productos. No es raro que las nuevas fuentes de luz y equipos auxiliares queden fuera de los parámetros o alcance de los estándares

de la industria. En sí mismo, esto es neutral y puede ocurrir porque: 1) el producto es innovador y no existe un estándar que cumplir, 2) el producto es innovador y opera de una manera aceptable, aunque diferente del estándar; 3) el producto es deficiente. En situaciones donde no se cumplen los estándares, es prudente validar las afirmaciones de desempeño y verificar la información de garantía para todas las combinaciones de lámparas y equipos auxiliares bajo consideración. En muchos lugares es necesario emplear equipos listados por Underwriters Laboratory (UL) o CSA International (CSA). Los requisitos locales relacionados con las certificaciones UL o CSA pueden ser especialmente problemáticos al realizar una modernización, ya que la alteración de los componentes interiores de una luminaria puede anular la certificación original.

Cuadro 13.5 | Reglas de Eficacia Mínima del DOE de 2012 para Lámparas PAR

Lámpara	Voltaje	Espectro	Regla de Eficacia Mínima	Ejemplo: 100W LPW
PAR20	120	Estándar	5.0 x (potencia de entrada)^{0,27}	17.3
		Modificado[a]	4.2 x (potencia de entrada)^{0,27}	14.6
	130	Estándar	5.7 x (potencia de entrada)^{0,27}	19.8
		Modificado[a]	4.9 x (potencia de entrada)^{0,27}	17.0
PAR30, PAR38	120	Estándar	5.9 x (potencia de entrada)^{0,27}	20.5
		Modificado[a]	5.0 x (potencia de entrada)^{0,27}	17.3
	130	Estándar	6.8 x (potencia de entrada)^{0,27}	23.6
		Modificado[a]	5.8 x (potencia de entrada)^{0,27}	20.1

a. Modificado se define en el sentido de que las coordenadas de cromaticidad CIE 1931 (x, y) se encuentran al menos a 4 pasos MacAdam (como se menciona en IESNA LM-16) distantes de las coordenadas de cromaticidad de una lámpara transparente con el mismo filamento y forma de bombilla, operada en el Mismo voltaje y potencia nominal.

13.13.1 SSL

Debido a que los productos SSL se parecen tanto a fuentes de luz como a luminarias, los estándares existentes para lámparas y luminarias no son directamente aplicables a los productos SSL. Se han desarrollado, o se están desarrollando, nuevos estándares para muchas características de los productos SSL. El cuadro 13.6 proporciona un resumen actualizado a mediados de 2011.

13.13.2 LÁMPARAS Y BALASTROS T8 DE ALTO RENDIMIENTO

Un catálogo de lámparas típico enumerará alrededor de 30 opciones de lámparas F32T8 que varían en potencia, salida de lúmenes, vida útil, eficacia luminosa, mantenimiento de lúmenes, CRI y CCT. Estas lámparas se pueden combinar con una cantidad similar de balastros que varían en el método de arranque, factor de balasto, capacidades de atenuación, cantidad de lámparas operadas, tamaño y voltaje de entrada. Las combinaciones de lámpara/balasto son casi infinitas. El Consorcio para la Eficiencia Energética (CEE) lanzó una iniciativa para sistemas de iluminación comercial en 2004 con un enfoque en definir las características de los sistemas de iluminación T8 de 4’, 32W y de mayor lumen. En 2007, CEE introdujo una especificación para sistemas T8 de potencia reducida. Las especificaciones para sistemas de alto rendimiento y de potencia reducida están disponibles en el sitio web de CEE, junto con listados de productos que cumplen con las especificaciones [26]. Las especificaciones se basan en mínimos para la eficacia media del sistema de lámpara/balasto. Las características de rendimiento se definen para la lámpara (es decir: valores mínimos de CRI, lúmenes iniciales de la

lámpara, vida útil de la lámpara, mantenimiento de lúmenes o lúmenes medios) y para el balasto (es decir: valores mínimos de BEF, frecuencia del balasto, factor de potencia, y un valor máximo para THD).

Cuadro 13.6 | Estándares y Guías de la Industria para SSL

Estándar	Título	Descripción
IES LM-79	Método Aprobado: Mediciones Eléctricas y Fotométricas de Productos de Iluminación de Estado Sólido	Describe los procedimientos a seguir y las precauciones a observar al realizar mediciones reproducibles del flujo luminoso total, potencia eléctrica, distribución de intensidad luminosa y cromaticidad de productos de iluminación SSL para fines de iluminación, en condiciones estándar.
IES LM-80	Método Aprobado: Medición del Mantenimiento de Lúmenes de Fuentes de Luz LED	Proporciona métodos de medición del mantenimiento de lúmenes de fuentes, incluidos paquetes, matrices y módulos de LED, en condiciones controladas.
IES TM-16	Memorando Técnico del IESNA sobre Fuentes y Sistemas de Diodos Emisores de luz (LED)	Una descripción de fuentes y sistemas LED, con respuestas a las preguntas más comunes que la industria de la iluminación recibe del público.
ANSI/IES RP-16, Addendum a	Nomenclatura y Definiciones para Ingeniería de Iluminación.	El Anexo que establece definiciones para dispositivos SSL, sus componentes y características de rendimiento.
ANSI/NEMA/ANSLG C78.377	Especificaciones para la Cromaticidad de Productos de Iluminación de Estado Sólido (SSL)	Especifica el rango de cromaticidades recomendado para iluminación general interior con productos SSL que llevan incorporada electrónica de control y disipadores de calor. No está previsto que se aplique a productos para exteriores ni a productos SSL que produzcan luz de colores.
NEMA LSD 44-2009	Iluminación de Estado Sólido: la Necesidad de una Nueva Generación de Enchufes e Interconexiones	Un documento técnico que define la necesidad y las oportunidades para estandarizar los soquetes e interconexiones SSL para facilitar la transición de SSL a la iluminación general.
NEMA LSD 45-2009	Recomendaciones para Interfaces de Subconjuntos de Iluminación de Estado Sólido para Luminarias	Un documento técnico centrado en las lámparas LED integradas destinadas a sustituir las lámparas incandescentes GLS. Describe las características de los módulos LED, las fuentes de alimentación y los controles que deben coordinarse para lograr un rendimiento de atenuación satisfactorio.
NEMA LSD 49-2010	Iluminación de Estado Sólido para Reemplazo de Incandescentes: Mejores Prácticas para la Atenuación	Un documento técnico centrado en las lámparas LED integradas destinadas a sustituir las lámparas incandescentes GLS. Describe las características de los módulos LED, las fuentes de alimentación y los controles que deben coordinarse para lograr un rendimiento de atenuación satisfactorio.
NEMA SSL 3-2010	Combinación de LED Blancos de Alta Potencia para Iluminación General	Proporciona áreas de categorización estandarizadas (contenedores) para colores de LED "blancos" para iluminación general.
ANSI/UL 8750	Equipos de Diodos Emisores de Luz (LED) para Uso en Productos de Iluminación	Estándar de seguridad para probar productos UL y componentes relacionados.
IEC 62031	Módulos LED para Iluminación General: Especificaciones de Seguridad	Especifica los requisitos generales de seguridad para módulos LED con y sin equipo de control integral.
IEC 62384	Equipo de Control Electrónico Suministrado por CC o CA para Módulos LED: Rendimiento	Especifica los requisitos de rendimiento para equipos de control electrónico para módulos LED, que se utilizarán junto con IEC 62031.
IEC/PAS 62612	Lámparas LED con Balasto Automático para Servicios de Iluminación General: Requisitos de Rendimiento	Especifica los requisitos de rendimiento para lámparas LED con balasto propio junto con los métodos de prueba para lámparas LED que producen luz "blanca" y están destinadas a fines de iluminación doméstica y general.
ENERGY STAR®	Requisitos del Programa ENERGY STAR® para Luminarias de Iluminación de Estado Sólido	Criterios para el uso de la etiqueta ENERGY STAR® para productos SSL utilizados para iluminación general, incluidos aquellos con funciones decorativas. El etiquetado se aplica a productos residenciales y comerciales destinados a conectarse a la red eléctrica.
NGLIA / DOE	Vida útil de la Luminaria LED: Recomendaciones para Prueba e Informe	Conjunto de recomendaciones para informar la confiabilidad de la vida útil de las luminarias, desarrollado en parte porque la etiqueta DOE Lighting Facts (Datos de Iluminación) no proporciona información sobre la vida útil.
Zhaga	Consorcio para la Normalización de Motores de Luz LED	Tiene como objetivo estandarizar las interfaces de muchos mecanismos ligeros diferentes en las categorías dimensionales y mecánicas, incluidos los 'soquetes'; energía, aislamiento y puesta a tierra; control; fotometría y colorimetría y térmica. Los estándares terminados se ofrecerán a una organización de desarrollo de estándares, como IEC.

13.14 COSTO DE LA LUZ

Cualquier consideración de costos se debe enfatizar que el costo inicial de la lámpara es casi siempre menor en comparación con el costo de energía para operar las lámparas. Al considerar el costo del ciclo de vida de la iluminación general después de la instalación inicial, las lámparas generalmente representan menos del 5%, la mano de obra representa entre el 5% y el 10% y el costo de la energía representa el resto. Cuando los costos del ciclo de vida impulsan la toma de decisiones y la cantidad de luz es importante, la eficacia de una lámpara se vuelve más importante que su costo de reemplazo.
Con las lámparas de incandescencia, se desaconseja el funcionamiento con atenuación y bajo voltaje como estrategias de ahorro de energía. La mayor vida útil de la lámpara que acompaña a la reducción del voltaje no compensa económicamente la pérdida de potencia luminosa. Con las lámparas de incandescencia es mejor, en términos de costo por lumen-hora, emplear lámparas de menor potencia a plena potencia que atenuar lámparas de mayor potencia.
En la contabilidad típica, los costes medioambientales asociados no se consideran ni se cuantifican. Algunos de estos costos no contabilizados incluyen: la generación de gases de invernadero asociados con la fabricación, transporte y operación del producto; la eliminación de subproductos tóxicos empleados durante la fabricación; y la extracción de materias primas de la tierra utilizadas para construir el producto.

13.15 REFERENCIAS

[1] Tsao JY. Coltrin ME, Crawford MH, Simmons JA. 2010. Solid-state lighting: an integrated human factors, technology, and economic perspective. Proc. IEEE. 98(7):1162-1179.

[2] Bretschneider E. 2007. Efficacy limits for solid state white light sources, Photonics Spectra. 41(3):72-82.

[3] Stockwald K, Kaestle H, Weiss H. 2008. Significant efficacy enhancement of low wattage metal halide HID lamp systems by acoustically induced convection configuration. IEEE 35th International Conference on Plasma Science. Karlsruhe, Germany.

[4] NEMA LSD 54-2010. 2010. The strengths and potentials of metal halide lighting systems. Roslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association. 8 p.

[5] IESNA DG-10-98. 1998. IESNA guide to choosing light sources for general lighting. New York: Illuminating Engineering Society. 16 p.

[6] IESNA LM-80-08. 2008. IES Approved method for measuring lumen maintenance of LED light sources. New York: Illuminating Engineering Society. 4 p.

[7] IESNA LM-40-01. 2001. IESNA approved method for life testing of fluorescent lamps. New York: Illuminating Engineering Society. 4 p.

[8] IESNA LM-65-01. 2001. IESNA Approved method for life testing of compact fluorescent lamps. New York: Illuminating Engineering Society. 4 p.

[9] IESNA LM-47-01. 2001. IESNA approved method for life testing of high intensity discharge (HID) lamps. New York: Illuminating Engineering Society. 5 p.

[10] Hu X, Houser KW. 2003. Spectral and electrical performance of screw-based dimmable compact fluorescent lamps. Light. Res & Technol. 35(4); 331-342.

[11] Chantrasrisalai C, Fisher DE. 2007. Lighting heat gain parameters: experimental results. HVAC&R Research. 13(2);305-324.

[12] CIE. 2004. CIE 157:2004 control of damage to museum objects by optical radiation. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage. 29 p.

[13] Cuttle, C. 2007. Light for art's sake: lighting for artworks and museum displays. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann. 304 p.

[14] Bullough JD. 2000. The blue light hazard: a review. J. Illum. Eng. Soc. 29(2); 6-14.

[15] Fisher KJ, Gehly J, Sliney DH. 1991. Surgical lighting: a review of ocular safety. J. Illum. Eng. Soc. 20(1); 28-31.

[16] Levin RE. 1998. Photobiological safety and risk–ANSI/IESNA RP-27 series. J. Illum. Eng. Soc. 27(1); 136-143.

[17] ANSI/IESNA RP-27.1-05. 2005. Recommended practice for photobiological safety for lamps and lamp systems–general recommendations. New York: Illuminating Engineering Society.

[18] ANSI/IESNA RP-27.3-96. 1996. Recommended practice for photobiological safety for lamps–risk group classification and labeling. New York: Illuminating Engineering Society.

[19] McKinlay AF, Diffey BL. 1987. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. Human exposure to ultraviolet radiation: risks and regulations. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. 83-87.

[20] ISO 17166:1999 (CIE S 007/E:1998). 1999. Erythema reference action spectrum and standard erythema dose. Geneva, Switzerland: International Standards Organization.

[21] IEC 62471 (CIE S 009:2002). 2006-07. Photobiological safety of lamps and lamp systems. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission.

[22] IEC/TR 62471-2. 2009-08. Photobiological safety of lamps and lamp systems-part 2: guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission.

[23] Osram Opto Semiconductors. 2009. Life cycle assessment of illuminants, a comparison of light bulbs, compact fluorescent lamps and LED lamps, executive summary. Berlin, Germany: Siemens Corporate Technology Center for Eco Innovations. 26 p.

[24] Mercury: Consumer and Commercial Products [Internet]. Washington (DC): Environmental Protection Agency (US); [updated 2010 Jun 21; cited 2010 Jun 24]. Available from: http://www.epa.gov/mercury/consumer.htm.

[25] Cleaning up a broken CFL [Internet]. Washington (DC): Environmental Protection Agency (US); [updated 2010 Jun 17; cited 2010 Jun 24]. Available from: http://www.epa.gov/cfl/cflcleanup.html.

[26] CEE Commercial Programs: Commercial Lighting [Internet]. Boston (MA): Consortium for Energy Efficiency Inc.; [cited 2010 Jun 24]. Available from: http://www.cee1.org/com/com-lt/com-lt-main.php3.


©Alex Noriega

14 / DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA

La alegría mantiene una especie de luz del día en la mente, llenándola de una serenidad constante y perpetua.

Joseph Addison, ensayista y poeta inglés de los siglos XVII y XVIII

CONTENIDO

La iluminación diurna implica la entrega y distribución de luz del sol y del cielo al interior de un edificio para proporcionar iluminación ambiental y/o de trabajo para satisfacer las necesidades visuales y biológicas de los ocupantes. El diseño de un edificio con iluminación natural es una tarea desafiante que exige un enfoque de diseño integrado para abordar simultáneamente la comodidad de los ocupantes, la calidad de la iluminación y la eficiencia energética en una amplia gama de condiciones climáticas y de luz natural. Esto requiere una minuciosa comprensión de las fuentes de luz natural y el papel que desempeña el diseño arquitectónico, la planificación espacial, el diseño, la selección de materiales, las cargas envolventes y la integración de sistemas juegan en el sistema de luz natural en el rendimiento y comodidad de los ocupantes.

Los sistemas de distribución de luz natural incluyen todos los elementos que recogen, transmiten, reflejan, controlan y distribuyen la luz natural a los interiores del edificio, que incluyen la abertura, su material de acristalamiento, dispositivos de sombreado exteriores y/o interiores de todo tipo y cualesquiera dispositivos ópticos que ayuden a dirigir o controlar la transmisión o distribución de luz natural al interior mientras se alivia el encandilamiento. El objetivo de la mayoría de los sistemas de suministro de luz natural es proporcionar luz natural útil al sistema visual en tareas y superficies de las habitaciones durante una parte importante del año, de forma estéticamente agradable, de manera cómoda y energéticamente eficiente.

Este capítulo proporciona discusiones y directrices detalladas sobre el diseño y el rendimiento de estos sistemas. El contenido de este capítulo y otras secciones de este manual, incluyendo (7.2 Luz natural (fuentes de luz), 19.3 Control de luz natural y 19.4.6 Fotosensores) son de valor para arquitectos, ingenieros eléctricos y mecánicos, diseñadores de interiores, paisajistas, arquitectos, contratistas, fabricantes de equipos y materiales, así como usuarios finales como propietarios de edificios, desarrolladores, administradores de instalaciones y otros. Cada uno de estos individuos juega un papel en la definición de cómo funcionará un sistema de luz natural.

14.1 BENEFICIOS DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

La iluminación natural, cuando se diseña correctamente, puede proporcionar una amplia gama de beneficios, incluidas mejoras en el entorno visual, el potencial de mejorar la satisfacción y la productividad de los ocupantes y de los trabajadores, la posible mejora del control del ritmo circadiano mediante la exposición a luminancias más altas y el ahorro de energía mediante una reducción de la carga de iluminación eléctrica [1].

14.1.1 EL ENTORNO VISUAL

La luz natural puede mejorar un ambiente interior con patrones de luminancia que varían con el tiempo y el espacio, creando un interés visual que no se puede duplicar con fuentes eléctricas. La luz del día, con cantidades limitadas de luz solar directa, se utiliza a menudo para mejorar la apariencia de grandes espacios públicos, como vestíbulos de transporte, vestíbulos y atrios (ver Figura 14.1). La iluminación natural hace que un espacio sea más agradable para los ocupantes que pueden estar esperando un vuelo, haciendo la transición entre el exterior y el interior de un edificio, circulando dentro de un edificio o buscando una zona informal para sentarse. La luz solar directa genera patrones de sombras interesantes y dinámicos en un espacio, mientras que la luz dispersada del cielo y la luz reflejada del suelo proporcionan una iluminación natural difusa muy beneficiosa.



FIGURA 14.1 | AIRPORT PROPUESTA DE LUZ NATURAL

Se realza este espacio con una combinación de vidrio poroso difusor y acristalamiento transparente. Observe el patrón de frita rectangular a la luz del sol en el piso. Los diamantes grandes son cambios en el material del piso, mientras que los pequeños rectángulos en el piso son creados por fritas en el material de vidriado. Las fritas reducen la penetración y la captación de luz solar y ayudan a iluminar la apertura durante la noche. Los acabados de alta reflectancia aumentan el brillo general del espacio.
» Imagen© 2006 Ann Horn

La luz del día mejora los entornos de trabajo con su espectro de banda ancha continuo que proporciona una excelente reproducción cromática, igualación de colores y discriminación de colores en la mayoría de las condiciones del cielo. Los colores en un espacio iluminado por el día parecen vibrantes y verdaderos. Artistas, diseñadores de museos, tejedores y otros históricamente han dependido de la luz natural para sus cualidades de reproducción cromática. El atractivo general de un espacio con iluminación natural incluye una impresión general de brillo resultante de las luminancias de la superficie de la habitación y de iluminancias que exceden las proporcionadas por un sistema de iluminación eléctrica por sí solo (consulte la Figura 14.2). Sin embargo, los niveles de luz natural que superan con creces lo necesario para las tareas espaciales pueden crear incomodidad y aumentar la energía de refrigeración necesaria y deben evitarse. Las ventanas también ayudan a conectar a las personas con el mundo exterior, agregando interés visual, brindando alivio visual de tareas visuales exigentes y extendiendo los límites aparentes de un espacio más allá de sus extensiones físicas, mejorando aún más la calidad del espacio.

14.1.2 PRODUCTIVIDAD Y SATISFACCIÓN DE LOS TRABAJADORES

Una vista del exterior proporcionada a través de ventanas verticales ubicadas a la altura de los ojos o cerca de ellos satisface una necesidad psicológica importante de la mayoría de los ocupantes. Los estudios de investigación han demostrado un mayor rendimiento en personas cuya área de trabajo cuenta con una vista [2]. También se ha demostrado que la vista desde la ventana de un hospital afecta el tiempo de recuperación del paciente [3] [4]. No está claro exactamente por qué la vista tiene estos efectos, aunque la vista desde una ventana generalmente tiene una luminancia

mucho mayor que las superficies interiores y la conexión con el exterior puede ayudar a mejorar el estado de ánimo. Además, la capacidad de enfocar la visión en objetos distantes de vez en cuando relaja los músculos ciliares de los ojos. Consulte la Figura 14.3 para ver un ejemplo.

Dado que los salarios de los trabajadores suponen un coste por unidad de superficie de construcción mucho mayor que los costes energéticos o de construcción, incluso un pequeño efecto sobre la productividad puede ser significativo [5]. Los niveles más altos de iluminación ambiental disponibles a través de la luz natural pueden mejorar el rendimiento visual para muchas tareas, siempre que el control de la luz natural y el diseño de las estaciones de trabajo logren una iluminación natural de calidad libre de reflejos directos y reflejados. Como ocurre con cualquier diseño de iluminación, la iluminación natural debe adaptarse a la tarea o aplicación. Es posible que se requieran luminancias de la superficie de la habitación y niveles de luz natural más bajos en espacios con un uso importante de computadoras, por ejemplo. Varios estudios han investigado posibles mejoras en el aprendizaje de los estudiantes en escuelas con luz natural, así como en las ventas en entornos minoristas con luz natural (ver Figura 14.4). Los resultados de estos estudios no han sido concluyentes, dada la dificultad de aislar el efecto de luz del día [6] [7] [8] [9] [10] [11]. Es probable que se ahorre energía si se aplican materiales de vidriado, tamaños de abertura y sistemas de control de iluminación eléctricos adecuados. Un entorno de trabajo con luz natural puede proporcionar beneficios adicionales a los propietarios de edificios o inquilinos corporativos. Es probable que los trabajadores disfruten trabajar en ese entorno y por lo tanto, es menos probable que busquen empleo en otro lugar. Además, se ha demostrado que los edificios con clasificación LEED, que a menudo incluyen iluminación natural, tienen precios de alquiler y venta más altos y se alquilan o venden más rápido [12] [13].



FIGURA 14.2 | UNA OFICINA CON ILUMINACIÓN NATURAL

La luz natural está disponible en todo este espacio de trabajo, ingresando a través de ventanas de visualización. El plano del edificio estrecho y las altas reflectancias permiten que todo el espacio se ilumine con luz natural. Las ventanas orientadas al sur a la izquierda tienen persianas exteriores operables que son ajustables y retráctiles para controlar la luz solar directa y la ganancia solar. La entrada de luz solar directa a través de estas ventanas se limitará al área de circulación. » Imagen ©Christopher Meek » Cortesía de Weber+Thompson



FIGURA 14.3 | VISTAS EXTERIORES

Proporcionar a los trabajadores una vista es un beneficio importante de un espacio de oficina con iluminación natural. Esta ventana orientada al norte en una ubicación del sur de EE. UU. debería recibir poca luz solar directa. Las ventanas de piso a techo no son necesarias para lograr iluminación natural ni vistas y es probable que sean energéticamente ineficientes en climas más fríos o cuando se exponen a la luz solar directa.

» Imagen ©Robbins Photography, Inc.



FIGURA 14.4 | LOS TRAGALUCES DE UNA TIENDA
Con iluminación natural iluminan uniformemente este espacio comercial, lo que permite que el espacio funcione con poca o ninguna iluminación eléctrica durante las horas del día.
» Imagen ©SunOptics

14.1.3 RITMOS CIRCADIANOS

La exposición temprano en la mañana a niveles de iluminación más altos juega un papel importante en la regulación de los ritmos circadianos de nuestro cuerpo (consulte 3.2 Respuesta no visual a la radiación óptica). Los receptores que regulan este ciclo son más sensibles a la región de longitud de onda corta del espectro visible y estas longitudes de onda abundan durante el día. Un espacio interior iluminado con características de transmisión de luz espectralmente neutra debería ayudar a regular este ciclo para los ocupantes, particularmente aquellos que ocupan posiciones cerca de las aberturas de luz natural donde los niveles de luz natural son más altos. Se ha demostrado que la eliminación de la luz azul matutina retrasa la producción de melatonina por la noche y el inicio del sueño en los estudiantes [14]. Es probable que el beneficio circadiano máximo en los entornos escolares y laborales se produzca durante el invierno en altas latitudes, donde la gente viaja al trabajo o a la escuela en la oscuridad y carecen de exposición matutina a la luz del día.

14.1.4 AHORRO DE ENERGÍA Y REDUCCIÓN DE CARGA MÁXIMA

Cuando se proporciona en cantidad suficiente en un área interior, la luz del día puede reemplazar parte o la totalidad de la luz eléctrica en estas áreas durante una gran parte del día. Con un control adecuado de la iluminación eléctrica, la iluminación natural puede reducir el uso de energía para iluminación entre un 30 y un 60% en áreas con iluminación natural [15], lo que genera ahorros de costos y menores emisiones de carbono. Una reducción de la potencia de iluminación eléctrica durante las horas del día también puede reducir la demanda máxima de electricidad y la carga de refrigeración en un espacio. Una reducción de la carga de iluminación eléctrica de 100 W puede ahorrar hasta 30 vatios adicionales de carga de refrigeración. La luz del día, que consiste en energía electromagnética de banda ancha, introduce calor en un espacio, pero con un material de acristalamiento espectralmente selectivo que admite longitudes de onda visibles y rechaza las longitudes de onda UV y ultravioleta, se admite una mayor cantidad de lúmenes por vatio de calor que la que ocurre con la iluminación eléctrica. Los niveles de luz natural interior que superan de dos a tres veces el nivel de iluminación eléctrica probablemente anularán cualquier ahorro en la carga de refrigeración. Los ahorros de energía en iluminación pueden compensarse de manera similar con una mayor ganancia solar o pérdida de calor que se produce a través de materiales de vidriado para luz diurna con propiedades térmicas deficientes. Para lograr un equilibrio energético

positivo, las aberturas de luz natural deben tener el tamaño adecuado y configurarse con material de acristalamiento eficiente [16] [17]. La mejor manera de lograr ahorros de energía es mediante un proceso de diseño integrado que aborde simultáneamente la arquitectura, la iluminación y el rendimiento de HVAC.

14.2 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL

Si bien cada proyecto es único, las soluciones de iluminación natural que han demostrado su eficacia se pueden aplicar en una amplia gama de proyectos. Las soluciones seleccionadas para un proyecto en particular deben basarse en los principios fundamentales que guían el proceso de diseño de iluminación. El diseño de iluminación natural requiere una consideración cuidadosa de una variedad de cuestiones contextuales, incluidas las condiciones climáticas y del sitio, las relaciones espaciales, el estilo arquitectónico, las necesidades del usuario y el presupuesto [18] [19]. El proceso de diseño descrito aquí está diseñado específicamente para el diseño de iluminación natural. Más adelante en este capítulo se proporcionan más detalles sobre las opciones de diseño, la integración de sistemas y el rendimiento del sistema.

14.2.1 OBJETIVOS DE ILUMINACIÓN NATURAL

El diseño de un sistema de iluminación natural aborda una colección de objetivos específicos del proyecto y del espacio que se derivan a través de un ejercicio de programación detallado (consulte 14.2.3 Programación). Sin embargo, en cualquier diseño de iluminación natural, los siguientes objetivos fundamentales son fundamentales para el éxito:

• Proporcionar luz natural interior utilizable que responda a las necesidades de los ocupantes y tareas en una gran área del edificio. Las necesidades de los ocupantes, las tareas y los espacios se definen en relación tanto con la iluminación natural como con la iluminación eléctrica siguiendo el enfoque general descrito en 11.3.2 Programación.

• Utilice la luz del día para compensar la energía de la iluminación eléctrica con poca o ninguna penalización tanto en la energía de calefacción como de refrigeración.

• Lograr un equilibrio de luminancia aceptable en todo el espacio iluminado para lograr condiciones de visualización cómodas.

Al mismo tiempo, un espacio con luz natural debe evitar los dos problemas más comunes:

• Encandilamiento de ventanas o tragaluces.
• Insolación directa que crea incomodidad visual y térmica.

Abordar cada uno de los aspectos anteriores requiere trabajo en equipo y un estudio cuidadoso de las decisiones de diseño en una amplia gama de disciplinas de diseño durante todo el proceso de diseño del edificio.

14.2.2 REQUISITOS PREVIOS

El diseño y operación de un edificio con iluminación natural requiere un fuerte compromiso por parte del cliente/usuarios y de todo el equipo de diseño. Sin estos compromisos, a la iluminación natural se le asigna un papel secundario o terciario en el diseño general y se pierden oportunidades para maximizar los beneficios relacionados con la luz natural. Un compromiso por parte del cliente/usuario ayudará a centrar las prioridades. El compromiso del equipo ayuda a guiar el diseño general y garantiza la integración de los sistemas.

14.2.2.1 COMPROMISO DEL PROPIETARIO

Hoy en día, muchos propietarios de edificios buscan un diseño ecológico o sostenible, en algunos casos apuntando a una calificación LEED particular. La iluminación natural es un enfoque lógico en estos edificios. Es posible que se asocien costos ligeramente más altos con el diseño y la construcción de un edificio con luz natural, aunque con el tiempo tanto el propietario como el inquilino obtienen ahorros y beneficios. Cuando sólo se consideran los ahorros de energía, los períodos de recuperación cortos para los sistemas de iluminación natural son algo raros, excepto en el caso de sistemas

de control de iluminación automáticos basados en conmutación de menor costo. Las bajas densidades de potencia de iluminación instalada proporcionadas por las fuentes, luminarias y técnicas de control de iluminación eficientes de hoy en día limitan el ahorro de costos de energía, mientras que los costos más altos de servicios públicos contrarrestan este efecto. Los beneficios adicionales de una mejor calidad del espacio, la satisfacción de los ocupantes y la reducción de las emisiones de carbono son difíciles de cuantificar, pero son beneficios importantes de los edificios con iluminación natural. Aún así, sin el compromiso de los propietarios con la iluminación natural, las características o equipos importantes que afectan la calidad y eficiencia de la iluminación natural, como los dispositivos de protección de la luz que mejoran la calidad de la iluminación, o el sistema de control automatizado que proporciona ahorros de energía en iluminación, pueden eliminarse en una fase final de reducción de costos. (a veces denominada inapropiadamente ingeniería de valor).

14.2.2.2 INTEGRACIÓN DEL DISEÑO

La iluminación natural implica mucho más que simplemente perforar aberturas en la envolvente exterior de un edificio. En un edificio con iluminación natural, la forma, ubicación, orientación, arquitectura, planificación interior y sistemas ambientales del edificio deben diseñarse cuidadosamente para optimizar tanto la iluminación como el rendimiento del sistema HVAC. Las soluciones más exitosas evolucionan a través de un enfoque holístico del diseño, donde la iluminación natural es una consideración primordial, si no la principal, durante todo el proceso. Los miembros del equipo de todas las disciplinas contribuyen al proceso de diseño desde la etapa de programación inicial hasta la construcción y la puesta en servicio. El arquitecto, junto con el consultor en iluminación natural y/o energía, debe fomentar un enfoque de diseño integrado y colaborativo y formar un equipo que tenga tanto el compromiso como el conocimiento para lograr un producto final exitoso.

14.2.3 PROGRAMACIÓN

El diseño de un edificio con iluminación natural comienza en la etapa de programación. El programa para cada espacio considera las características del espacio deseado, las funciones, las tareas visuales y las condiciones de iluminación preferidas para estas tareas siguiendo el enfoque general descrito en 11.3.2 Programación. Para la iluminación natural, esto a menudo incluye una evaluación espacio por espacio de elementos como los siguientes (consulte 11 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN: EN EL PROCESO DE DISEÑO DEL EDIFICIO para obtener una cobertura más detallada sobre estos temas).

• Valores de iluminancia de la tarea objetivo (las iluminancias pueden variar en condiciones diurnas y nocturnas en espacios de transición y otros espacios).

• Límites de luminancia y/o relaciones de luminancia.

• Uniformidad de iluminancia de luz diurna en el plano de trabajo o superficie de la habitación.

• Deslumbramiento directo y/o reflejado.

• Controles.

• La importancia de la vista

• El deseo de admitir u omitir la luz solar directa

Las recomendaciones proporcionadas en los capítulos de aplicación para iluminación eléctrica en general se aplican a la luz del día. Una excepción es la relación de luminancia entre la tarea y la distancia envolvente, que para la iluminación natural a menudo puede ser mayor que la proporción de 1:10 recomendada para los sistemas de iluminación eléctrica. Es probable que los ocupantes toleren relaciones de luminancia algo más altas para la luz del día, particularmente cuando están asociadas con una vista exterior favorable. En la etapa de programación, es crucial que los objetivos de diseño del sistema de iluminación natural sean coordinados y comprendidos por todo el equipo de diseño y

que se conviertan en un foco para el diseño esquemático y el desarrollo posterior del diseño. Desafortunadamente, la iluminación natural a menudo se considera demasiado tarde en el proceso de diseño, después de que se han establecido la forma, el diseño y/o la ubicación del edificio. En ese punto, la aplicación de luz natural implica trabajar dentro de un conjunto de condiciones de diseño establecidas y limitantes. Este enfoque rara vez logra un éxito completo, ya que la cobertura de luz natural y los ahorros de energía obtenidos son limitados y la calidad de la luz natural se controla a través de persianas y cortinas en lugar de mediante una arquitectura adaptada a la luz natural. Para maximizar el rendimiento y las oportunidades de luz natural en grandes áreas de un edificio, se debe asignar a la iluminación natural una alta prioridad desde el principio, preferiblemente antes de la ubicación final del edificio, logrando la calidad de la luz natural, el ahorro de energía y la satisfacción de los ocupantes a través de la colaboración entre todas las disciplinas del equipo de diseño que dan como resultado un diseño de edificio bien concebido e integrado.

14.2.4 DISEÑO ESQUEMÁTICO FORMA DEL EDIFICIO Y UBICACIÓN

Los ángulos solares y las obstrucciones vecinas son elementos importantes a considerar al ubicar un edificio. La orientación, la geometría y el sombreado exterior de una abertura de luz natural afectan la cantidad y calidad de la luz natural al establecer:

• los momentos y ángulos en los que la luz solar incide y penetra en la abertura

• la luz natural disponible recibida del cielo y el entorno

• la distribución interior de la luz natural [20] .

En la etapa de diseño esquemático, una forma preliminar del edificio expresa los conceptos iniciales sobre los enfoques de suministro de luz natural que mejor satisfacen las necesidades de espacio y de los ocupantes. Se pueden aplicar modelos preliminares de luz natural a nivel espacial para probar conceptos de distribución de luz natural y evaluar el rendimiento. Un diseño se ajusta o revisa a medida que se recopilan comentarios sobre la calidad de la energía y la luz natural a través del análisis del desempeño del diseño. Al configurar un sistema de iluminación natural, un diseño optimizado minimizará la necesidad de activar persianas interiores operables, ya que estos dispositivos impiden la luz natural y eliminan la vista del exterior. Esto se puede lograr mediante la aplicación de dispositivos de protección exterior y mediante la orientación selectiva de las aberturas para la luz del día. Tenga en cuenta que la forma y ubicación adecuadas del edificio pueden simplificar la iluminación natural, mientras que lo contrario puede hacerla más compleja, aumentando el tiempo en el que se debe gestionar la luz solar directa. Se proporciona más información sobre este tema en 14.4 Orientación del edificio.

14.2.4.1 ANÁLISIS INICIAL DE ILUMINACIÓN NATURAL

A medida que el diseño y los espacios del edificio comienzan a tomar forma con las configuraciones y orientaciones de apertura propuestas, se puede emplear un modelado de luz natural simplificado para:

• dimensionar y ubicar adecuadamente las aberturas de luz natural o elementos de sombreado

• confirmar que el desempeño del diseño satisface las necesidades del espacio y del usuario

• sugerir mejoras o ajustes del sistema de suministro de luz natural o la arquitectura espacial.

Se pueden aplicar técnicas gráficas, estudios de modelos a escala y simulaciones por computadora para dimensionar elementos de sombreado (como estantes luminosos, aletas y salientes) para limitar la penetración de la luz solar, mientras que los modelos a escala o modelos simples por computadora pueden proporcionar valores preliminares de iluminancia

de luz diurna y medidas de uniformidad, relaciones de luminancia y medidas de rendimiento que abordan el rendimiento del sistema. En general, en los estudios preliminares de luz diurna se considera un modelo espacial relativamente simplificado.

14.2.4.2 ANÁLISIS ENERGÉTICO INICIAL

El modelado energético es valioso en la etapa de diseño preliminar para probar el rendimiento energético de varios diseños. El hecho de que un edificio tenga iluminación natural no garantiza que sea energéticamente eficiente, incluso con un sistema de control de iluminación en pleno funcionamiento. La mayoría del software de modelado energético de edificios proporciona información sobre los ahorros de energía en iluminación que se podrían lograr con el control automático de la iluminación, así como la ganancia y pérdida de calor transmitida a través de las aberturas de luz natural que afectan el consumo total de energía del edificio. Por ejemplo, la introducción de tragaluces con un rendimiento térmico deficiente (un factor U alto promediado entre el acristalamiento y el marco) o una ganancia de calor solar elevada (SHGC baja) puede desperdiciar más energía de calefacción y refrigeración de la que ahorran en energía de iluminación. Con el software de modelado energético de edificios, se pueden comparar fácilmente diferentes sistemas, configuraciones y materiales para determinar el rendimiento energético, que variará según las condiciones climáticas del sitio. Estos estudios deberían conducir al desarrollo de una solución de diseño energéticamente eficiente (considerando tanto la iluminación como la energía HVAC) y satisfacer las necesidades del espacio y de sus ocupantes.

14.2.5 DESARROLLO DEL DISEÑO

Esta fase de diseño incluye la selección y disposición de todos los equipos y el establecimiento de zonas de control de iluminación para reducir la potencia de iluminación eléctrica dentro de las zonas de iluminación natural. Se requiere un control automático de la iluminación para garantizar el ahorro de energía en iluminación. A esto se le suele denominar “aprovechamiento de luz diurna”. Consulte 14.14.2 Controles y 16.3.5 Fotosensores.

Al desarrollar una solución de diseño final, los resultados de estudios adicionales de iluminación y energía pueden ayudar a finalizar la forma y el diseño general del edificio, así como el tamaño y la selección de los componentes del sistema de suministro de luz natural, incluido el material de acristalamiento y los dispositivos de sombreado tanto interiores como exteriores. El objetivo de estos estudios debería ser adquirir información sobre los aspectos espaciales y temporales de la iluminación natural, la penetración directa de la luz solar a través de las aberturas y el rendimiento energético de la iluminación y el sistema HVAC. La coordinación entre todas las disciplinas es clave: la distribución y los acabados del espacio deben abordar las condiciones de visualización de la tarea en relación con las aberturas de luz natural, minimizar los reflejos velados, las sombras y las relaciones de luminancia entre la tarea y el entorno. De manera similar, el diseño del paisaje exterior debería mejorar, en lugar de limitar, el rendimiento del sistema de luz natural. El objetivo de la fase de desarrollo del diseño es cumplir con las metas de diseño y las metas del programa establecidas durante la etapa de programación. El sistema de iluminación eléctrica debe complementar el sistema de iluminación natural en condiciones de poca luz natural, proporcionando un ambiente luminoso cómodo y equilibrado y proporcionando la iluminación requerida en todas las tareas en ausencia de luz natural.

14.2.6 DOCUMENTACIÓN DE CONSTRUCCIÓN

Es muy importante que el equipo de diseño documente claramente todos los componentes, equipos y materiales que influyen en la calidad y cantidad de luz natural entregada a un espacio y los integre adecuadamente con otros sistemas de construcción. La documentación de diseño incluye tanto los planos de construcción como las especificaciones (Ver 20 | DOCUMENTOS DEL CONTRATO). Las especificaciones son fundamentales porque muchos de los detalles que afectan la calidad de una instalación se definen en estos documentos escritos. En la mayoría de las situaciones, las especificaciones de rendimiento de los equipos y materiales ayudan a garantizar que la adquisición, instalación, puesta en marcha e

integración del sistema se realicen correctamente para ofrecer la calidad de iluminación, la eficiencia del sistema y el ahorro de energía deseados.

14.2.7 ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Durante el proceso de construcción, es fundamental que el equipo de diseño revise las presentaciones de equipos alternativos, así como los planos de taller, para garantizar que se cumplan la intención del diseño y el desempeño esperado. Es ventajoso que el contratista participe con el equipo de diseño durante todo el proceso de diseño, pero de todos modos, debe ser consciente de la importancia de los sistemas de iluminación natural, los componentes relacionados y la calibración de los sistemas de control para el rendimiento final del edificio.

14.2.8 PUESTA EN SERVICIO

Después del proceso de construcción, los sistemas automatizados de control de iluminación deben calibrarse para proporcionar el rendimiento deseado. Esto implica configurar el algoritmo de control en condiciones típicas de luz diurna. El rendimiento en el resto de épocas del año se basa en esta configuración de calibración. En los casos en que el equipo se autocalibre, el proceso de puesta en servicio debe verificar que los ajustes de control establecidos sean apropiados y de lo contrario, el equipo debe calibrarse o ajustarse manualmente para anular el ajuste de autocalibración del sistema. Algunos sistemas de autocalibración se recalibran con el tiempo para adaptarse a los cambios en las condiciones del espacio, como cambios localizados en la reflectancia que pueden ocurrir cuando se mueven los muebles o cambian las condiciones interiores.

14.3 PROGRAMACIÓN

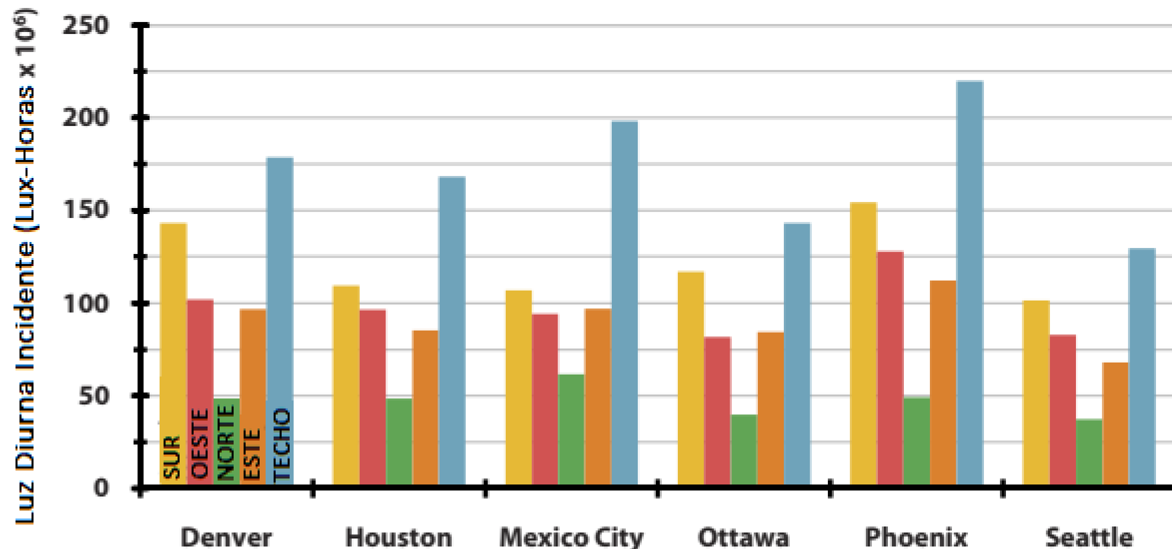
14.3.1 SITIO Y CLIMA

Las condiciones del sitio establecen las opciones disponibles de luz natural y orientación del edificio. Las condiciones del cielo en un lugar particular influyen en el diseño ya que la luz natural disponible varía según las condiciones del cielo. En el hemisferio norte, que se supone a los efectos de la discusión a lo largo de este capítulo, una fachada orientada al norte puede experimentar un suelo brillante y una luminosidad baja en el cielo bajo un cielo despejado, con condiciones invertidas bajo cielos nublados, donde el cielo está relativamente brillante y el suelo tiene una luminancia mucho menor. La nubosidad puede variar según la época del año. En el noroeste del Pacífico, por ejemplo, los cielos generalmente están nublados durante los meses de invierno y despejados durante el verano. La Figura 14.5 muestra la iluminancia de luz natural acumulada en fachadas verticales sin obstáculos orientadas a las direcciones cardinales y en el tejado plano de un edificio para una variedad de sitios diferentes.
Las condiciones de temperatura del sitio también son importantes, ya que afectan la ganancia y pérdida de calor a través de las aberturas de luz natural y dictan si un espacio debe calentarse o enfriarse. Un diseño que funciona eficientemente en Los Ángeles puede perder energía en Toronto debido a pérdidas térmicas. Las soluciones de diseño en diferentes climas deben adaptarse a las condiciones climáticas.

Se debe recopilar información sobre el entorno vecino de un edificio, ya que las obstrucciones pueden limitar significativamente la vista del cielo y producir sombras y reflejos que alteran la luz del día incidente en una abertura. No considerar estos factores externos puede conducir a un desempeño deficiente o inesperado. Para un espacio de oficinas en una gran ciudad, los pisos inferiores pueden recibir muy poca luz natural debido a los edificios vecinos. Sin embargo, la luz del sol que se refleja en un edificio adyacente puede crear una condición incómoda en la parte sombreada de un edificio adyacente y debe tenerse en cuenta.

FIGURA 14.5 | LUZ NATURAL INCIDENTE ANUAL TOTAL

Este gráfico ilustra cómo varía la luz natural incidente total en el transcurso de un año en diferentes superficies de un edificio y en diferentes ubicaciones del sitio. Estos datos se calcularon utilizando los cielos de Pérez basados en los datos meteorológicos de TMY, considerando cómo el sol, el cielo y un suelo con un 18% de reflexión aporta luz natural a estas superficies cada hora.



Otras condiciones del sitio que afectan el rendimiento de la luz natural incluyen la vegetación y la reflectancia del suelo, así como las montañas y el terreno inclinado. Las montañas pueden bloquear la luz solar en ángulos bajos y reducir la contribución del cielo al sistema de iluminación natural. Un sitio boscoso que rodea un edificio puede reducir la disponibilidad de luz natural u ofrecer oportunidades de sombra en ciertas épocas del año, mientras que un estacionamiento o un lago pueden proporcionar reflejos indeseables de la luz solar. De manera similar, el suelo cubierto de nieve aumentará significativamente los niveles de luz natural incidente en una fachada, pero puede proporcionar luminancias exteriores incómodamente altas a través de las ventanas de visualización en un día soleado de invierno.

14.3.2 NECESIDADES DE LOS OCUPANTES

El diseño de un edificio con iluminación natural debe considerar las tareas que ocurren dentro de sus espacios y proporcionar condiciones de luz natural adecuadas para estas tareas. Esto es particularmente cierto en entornos con uso intensivo de computadoras y para tareas y superficies que son altamente especulares. La distribución del espacio y la orientación de los trabajadores son fundamentales para evitar reflejos velados y altas luminancias en el campo de visión, como cuando los trabajadores están sentados frente a las ventanas. Es posible que se requieran cortinas opacas u otros dispositivos para oscurecer la habitación en los espacios de presentación para acomodar la proyección de video.

La naturaleza de un espacio también determinará la aplicabilidad de ciertos sistemas de control. La conmutación automatizada se acepta mejor en los espacios de transición, mientras que la atenuación, que generalmente no se detecta, se prefiere en los espacios habitables y de trabajo. El concepto de iluminación natural y control integrado de la iluminación eléctrica con el fin de ahorrar energía puede ser un concepto nuevo para muchos habitantes de edificios. Por esta razón, los ocupantes deben ser informados sobre el funcionamiento y los beneficios que brindan los componentes especiales del sistema de iluminación natural, como dispositivos de sombreado y controles automáticos. La operación adecuada, la voluntad de recalibrar los sistemas para los ocupantes que exigen niveles de iluminación más altos o más bajos y la capacidad de los ocupantes de anular temporalmente el sistema ayudarán a aumentar la aceptación de estos sistemas por parte de los ocupantes.

14.3.3 PRESUPUESTO

Un edificio con iluminación natural a menudo incurrirá en costos de diseño y construcción más altos. Si bien algunos costos pueden aumentar, otros pueden disminuir. Un diseño más eficiente puede requerir equipos mecánicos más pequeños que proporcionen ahorros de costos que ayuden a compensar cualquier costo más alto relacionado con la iluminación natural. Un sistema de control automatizado es uno de los costos adicionales en un edificio con iluminación natural, pero este equipo es esencial para lograr ahorros de energía. Los mayores costos pueden justificarse mediante menores costos de energía junto con una mayor vida útil de las lámparas cuando el equipo de iluminación se apagará durante las horas del día. De manera similar, el costo de los dispositivos de protección exterior se puede recuperar mediante ahorros en energía de refrigeración o equipos mecánicos de edificios más pequeños. Dado que la mayoría de los edificios incluyen ventanas, independientemente de si el edificio tiene iluminación natural o no, gran parte del costo de la iluminación natural de un edificio ya está incluido en la envolvente básica del edificio. En un edificio con iluminación natural, estas aberturas están dispuestas y diseñadas para cumplir con los objetivos de diseño de iluminación natural y rendimiento energético.

14.3.4 OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

El equipo de diseño debe investigar las capacidades del personal de mantenimiento de los edificios, quienes pueden requerir capacitación para administrar adecuadamente los sistemas que contribuyen a una iluminación natural exitosa. Por ejemplo, después de la ocupación o en alguna fecha futura, es posible que sea necesario recalibrar un sistema de control. O el personal de mantenimiento posee los conocimientos y el equipo (como un medidor de iluminancia) para llevar a cabo esta función, o se debe recurrir a un fabricante o a un tercero para que realice esta tarea. El equipo de diseño del proyecto y los fabricantes de equipos deben proporcionar manuales de operaciones al personal de la instalación con procedimientos recomendados de mantenimiento y ajuste. Algunos mantenimientos de rutina pueden incluir la limpieza periódica de las aberturas de luz natural.

14.4 ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO

La configuración preferida de un sistema de suministro de luz natural variará según la orientación, principalmente debido a los cambios en la posición solar. La latitud del sitio y la orientación de la apertura determinan la iluminancia de la luz diurna incidente y el potencial de penetración de la luz solar (Figura 14.6).

14.4.1 ÁNGULO DEL PERFIL

Las Figuras 14.7 y 14.8 ilustran el número de horas por año que diferentes rangos de ángulos del perfil solar están presentes en diferentes orientaciones de fachada para latitudes del sitio que van de 0 a 50 grados. En latitudes cercanas al ecuador, las fachadas norte y sur se vuelven similares, con ángulos de perfil solar principalmente altos en cada una. En latitudes muy altas, más allá de lo que se muestra en estas figuras, los ángulos del sol son mucho más bajos y en verano incide más luz solar en la fachada norte. Más allá del Círculo Polar Ártico, el sol está sobre el horizonte todo el día cerca del solsticio de verano y su trayectoria rodea completamente un edificio durante un ciclo de 24 horas, con la altitud solar más alta ocurriendo al mediodía solar cuando el sol está en el cielo del sur.

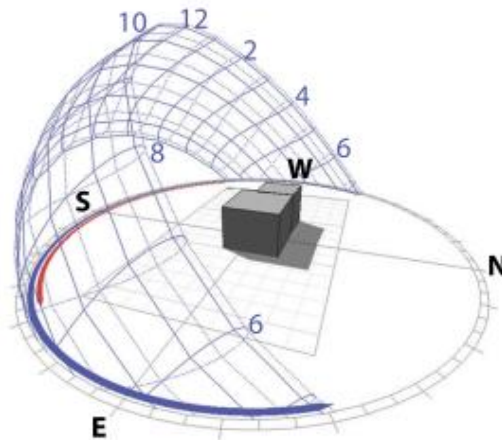
14.4.2 POSICIONES DEL SOL GENERALIZADAS

Las condiciones típicas de luz solar proporcionadas en orientaciones orientadas hacia las direcciones estándar de la brújula (dentro de aproximadamente 15 grados de norte, este, sur y oeste) para un sitio de latitud media del hemisferio norte

(latitud 20-60 norte) se describen a continuación y son resumidos en la Tabla 14.1. El rendimiento para otras direcciones se puede deducir de estas observaciones generales y de un análisis del ángulo del perfil y la posición solar (consulte 7.1.5 Posición solar, 7.1.5.4 Ángulos solares relativos a una superficie vertical y 14.10 Evaluación de la penetración de la luz solar).

FIGURA 14.6 | DIAGRAMA DE TRAYECTORIA SOLAR PARA UNA LATITUD DE 40 N

Se deben considerar las posiciones solares al orientar un edificio, diseñar espacios y configurar aberturas de luz natural y dispositivos de sombreado. La latitud 40 N incluye ciudades como Denver, CO, Indianápolis, IN y Filadelfia, PA.



Cuadro 14.1 | Condiciones de luz Natural por Orientación

Características de calidad de la luz natural para fachadas orientadas hacia las direcciones estándar de la brújula en latitudes medias (23,5 - 60 N).

Orientación de la Fachada	Características de la Luz Diurna
Norte	• Más estable y más fácil de controlar • Proporciona luz diurna difusa de alta calidad • En latitudes más altas, es posible que penetre algo de luz solar temprano y tarde en un día de verano; de lo contrario, la fachada queda libre de luz solar directa • Luz diurna incidente más baja disponible, pero necesidad reducida de sombra podría dar lugar a que llegue más luz natural al interior del edificio durante el año
Sur	• La luz solar de verano en ángulos altos es relativamente fácil de controlar con un voladizo. • La penetración profunda de la luz solar de invierno en ángulos bajos se puede controlar con persianas ajustables o cortinas operables para evitar deslumbramientos incómodos. • Las latitudes altas tienen ángulos solares más bajos. • Las cargas solares altas ocurren durante la época más fría del año
Este	• La luz solar de la mañana en ángulos bajos requiere persianas o cortinas operables en las áreas de trabajo. • Las condiciones de la tarde son similares a las del norte, ya que la fachada está a la sombra. • Los dispositivos de protección vertical pueden bloquear los ángulos solares de la mañana en invierno en latitudes más altas.
Oeste	• La luz solar de la tarde en ángulos bajos requiere persianas o cortinas operables en las áreas de trabajo. • La ganancia solar al final de la tarde se corresponde con las temperaturas exteriores máximas, creando altas cargas de enfriamiento del espacio. • Las condiciones de la mañana son similares a las del norte, ya que la fachada está a la sombra. • Los dispositivos de protección vertical pueden bloquear la luz solar de la tarde. ángulos en invierno en latitudes más altas

14.4.2.1 ORIENTACIÓN NORTE

El lado norte de un edificio está relativamente libre de luz solar directa, lo que minimiza la necesidad de aplicar sombras y maximiza las oportunidades de vista. En latitudes medias, la luz solar directa incidirá en una fachada norte desde un ángulo de acimut alto cerca del solsticio de verano sólo muy temprano y al final del día (consulte los diagramas de trayectoria solar en 7.1.5 Posición solar para conocer los momentos en que el ángulo de azimut solar excede ± 90°). Por esta razón, las condiciones en una fachada norte son más consistentes y controlables que para cualquier otra orientación, con luz diurna difusa proporcionada tanto desde el cielo como desde el suelo durante la mayor parte del año. Sin embargo, la iluminancia incidente en una ventana norte es la más baja de todas las orientaciones posibles y tiene la ganancia solar más baja. También es probable que la pérdida neta de calor sea la mayor de cualquier exposición. Debido a la menor incidencia de luz natural, puede resultar ventajoso aplicar áreas de acristalamiento más grandes o una mayor transmitancia de acristalamiento en el lado norte de un edificio. Es probable que una fachada orientada al oeste del norte reciba luz solar de ángulo bajo al final del día, cerca del solsticio de verano y puede requerir algo de sombra interior o

exterior para bloquear esta luz solar. En el ecuador, las orientaciones de las fachadas norte y sur son muy similares y recibirán luz solar en ángulo alto durante la mitad del año y estarán a la sombra durante la otra mitad.

14.4.2.2 ORIENTACIÓN ESTE Y OESTE

En una fachada orientada al este, una ventana recibirá luz solar en ángulo bajo por la mañana junto con su resplandor y ganancia solar asociados. Durante la tarde, las condiciones de luz natural se aproximan a las de una fachada orientada al norte, ya que el sol está en el lado opuesto del edificio. La situación para una fachada orientada al oeste es similar, pero se refleja alrededor del mediodía solar, con la luz solar directa durante las horas de la tarde. Sin embargo, una diferencia es que el sol de la tarde en una fachada oeste presenta el peor escenario para la carga de enfriamiento, ya que la alta ganancia solar coincide con las temperaturas exteriores máximas y las cargas de enfriamiento máximas del edificio. Por lo tanto, se debe minimizar o evitar el acristalamiento orientado al oeste en climas con grandes cargas de enfriamiento por la tarde. En determinadas circunstancias y climas, puede resultar beneficioso que la luz solar directa entre en un espacio orientado al este o al oeste.

14.4.2.3 ORIENTACIÓN AL SUR

Para una apertura orientada al sur en el hemisferio norte, una ventana puede requerir poco o ningún control de sombreado durante los meses de verano, ya que el sol estará relativamente alto en el cielo. Una fachada orientada al sur está a la sombra al amanecer y al atardecer entre el 21 de marzo y el 21 de septiembre, siendo la penetración de la luz solar más profunda al mediodía solar, cuando el ángulo del perfil solar es más bajo. En las fechas del equinoccio solar, el ángulo del perfil solar (ver 7.1.5.3 Ángulos solares) en una fachada sur es el mismo durante todo el día, lo que significa que la luz del sol penetrará la misma distancia perpendicular a la ventana a todas horas cuando no esté obstruida de otra manera. Entre el 21 de septiembre y el 21 de marzo, la luz del sol incidirá en la fachada desde el amanecer hasta el atardecer, y es probable que se requiera sombra interior en muchos de estos momentos. El sol sale al sur del este y se pone al sur del oeste, y se encuentra en su ángulo de perfil más alto con su distancia de penetración más corta al mediodía solar. La Tabla 14.2 proporciona ecuaciones simples para los ángulos del perfil solar que estarán presentes al mediodía solar para las fechas de solsticio y equinoccio según la latitud del sitio, mientras que la Figura 14.9 ilustra los ángulos del perfil solar a lo largo del año para una orientación orientada al sur en una latitud de 40 N.

Cuadro 14.2 | Ángulos del perfil solar al mediodía orientados al sur

Ecuaciones para el ángulo del perfil solar al mediodía en una fachada orientada al sur para las fechas de solsticio y equinoccio y magnitud relativa del ángulo del perfil en otros momentos del día según la estación.

Fecha	Ángulo del perfil solar orientado al sur al mediodía (grados)	Ángulo del Perfil Solar en Otros Momentos del Día
Solsiticio de Invierno	90 - L - 23.5	Menor que al mediodía solar
Equinoccio	90 - L	Sin cambios
Solsticio de Verano	90 - L + 23.5	Mayor que al mediodía solar

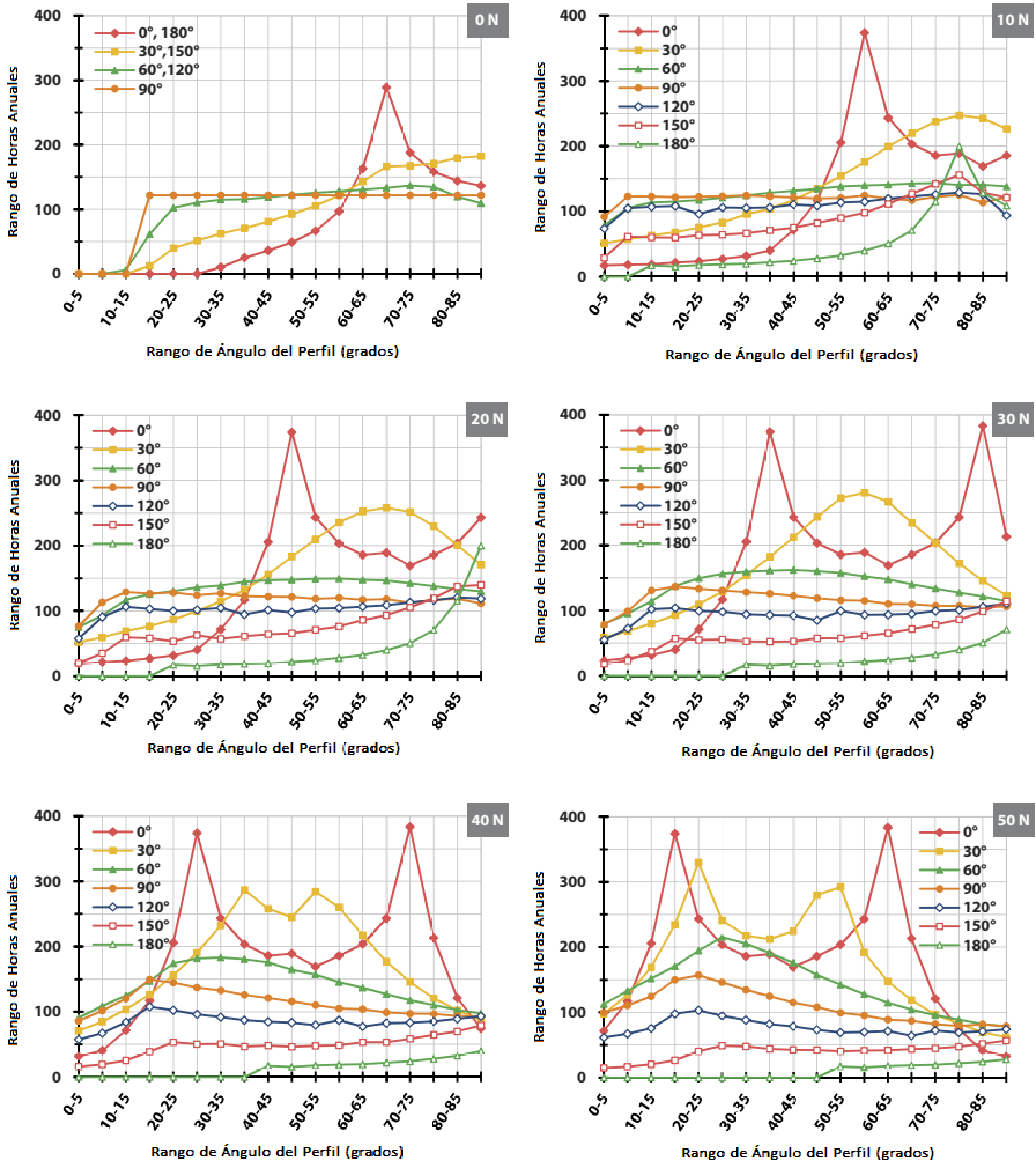


Figura 14.7 | Distribución Anual del Ángulo del Perfil Solar por Latitud y Elevación Azimutal
Número de horas anuales en las que el ángulo del perfil solar cae dentro de intervalos angulares de 5 grados entre las 7 a. m. y las 7 p. m. hora solar en los ángulos de azimut de elevación que se muestran en la leyenda (Sur = 0° de elevación azimutal, Este/Oeste = 90°, Norte = 180°).

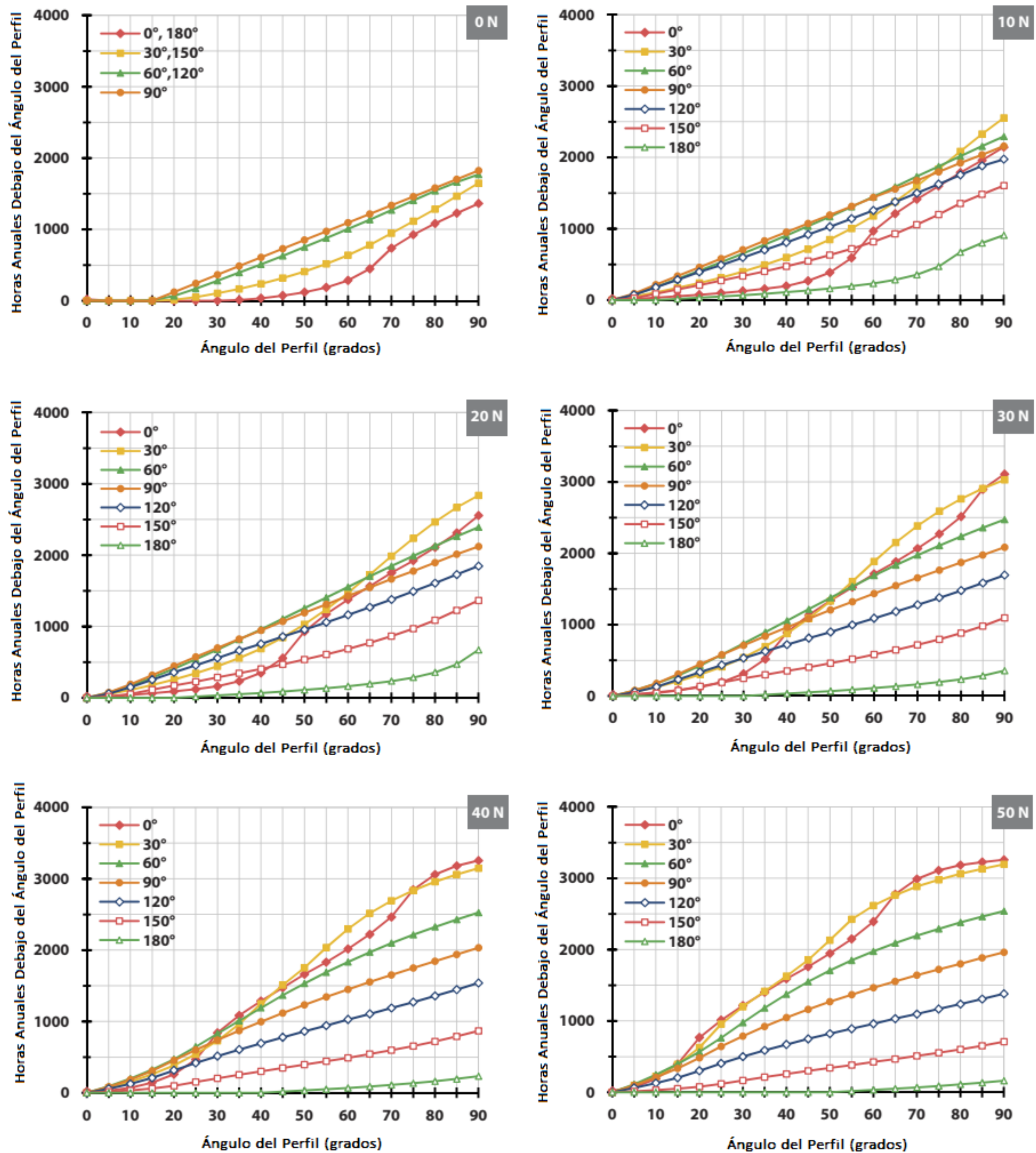


Figura 14.8 | Horas Acumuladas del Ángulo del Perfil Solar
Número de horas acumuladas a lo largo del año en las que el ángulo del perfil solar está por debajo de un ángulo determinado entre las 7 a. m. y las 7 p. m. hora solar para los ángulos de azimut de elevación enumerados en la leyenda (Sur = 0°, Este/Oeste = 90° Norte = 180°).

14.4.2.4 ELEMENTOS HORIZONTALES

Los tragaluces horizontales reciben luz solar directa, además de la luz del día del cielo, siempre que el sol está sobre el horizonte y la magnitud de ambas aumenta a mayores ángulos de altitud solar. Como resultado, durante el verano llega mucha más luz natural a través de los tragaluces y los tragaluces, tanto diariamente como anualmente, reciben significativamente más luz natural incidente que las ventanas verticales. Una mayor disponibilidad de luz natural significa que las aberturas de los tragaluces generalmente pueden ser más pequeñas, lo que mejora la eficiencia energética. Durante condiciones nubladas, el acristalamiento horizontal aún recibe una cantidad significativa de luz natural ya que el cielo es más brillante en el cenit (hacia arriba). Las Figuras 7.11 y 7.12 proporcionan detalles sobre la iluminancia incidente proporcionada en superficies horizontales y verticales tanto por el sol como por el cielo en cielos estándar despejados, parcialmente nublados y cubiertos (ver 7.1.6 Disponibilidad de luz diurna). Los tragaluces abovedados ayudan a capturar más luz solar cuando el sol se encuentra en ángulos de menor altitud. El hecho de que los tragaluces estén ubicados encima de la mayoría de las tareas es otra ventaja, ya que la luz natural llega de manera más eficiente a una superficie de trabajo horizontal desde arriba.

14.4.3 ORIENTACIÓN RELATIVA AL NORTE POLAR

Al orientar un edificio en un sitio, es importante comprender que la flecha norte de una brújula no corresponde a la dirección norte verdadera de la trayectoria del sol. Esto ocurre porque el polo magnético de la Tierra no está alineado con su eje de rotación, que determina la posición solar. Las anomalías locales, como los depósitos de mineral de hierro, pueden crear variaciones adicionales. En toda América del Norte, la diferencia aproximada entre el norte magnético y el norte polar (sin tener en cuenta las variaciones locales) se muestra en la Figura 14.10. Este gráfico proporciona el ajuste angular necesario para convertir una orientación de azimut referenciada desde el norte magnético a una referenciada desde el norte polar (ver Figura 7.10 | Ángulos de azimut). Al aplicar este ajuste, la posición aparente del norte magnético para la mayoría de los lugares es el norte de Canadá. Al estudiar el rendimiento de un sistema de iluminación natural en software o utilizando un modelo a escala, el edificio debe orientarse adecuadamente con respecto al norte polar. Por ejemplo, para un edificio en Vancouver, BC, con una fachada orientada a 30 grados al oeste del norte magnético (a_e=150°), en realidad está orientada sólo a unos 14 grados al oeste del norte polar (a_e=150°+ 16°= 167°), ya que la corrección de la Figura 14.10 es de aproximadamente 16 grados.

FIGURA 14.9 | ÁNGULOS DEL PERFIL SOLAR PARA UNA LATITUD DE 40 N

Estos ángulos son para el día 21 de cada mes y son para una fachada orientada al sur a una latitud de 40 N. Los ángulos altos de finales de primavera y verano se bloquean fácilmente con un voladizo. Durante más de dos meses a ambos lados del solsticio de invierno, el ángulo del perfil nunca supera los 40 grados.

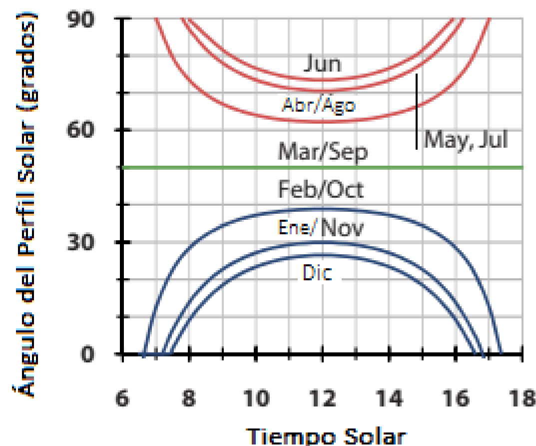
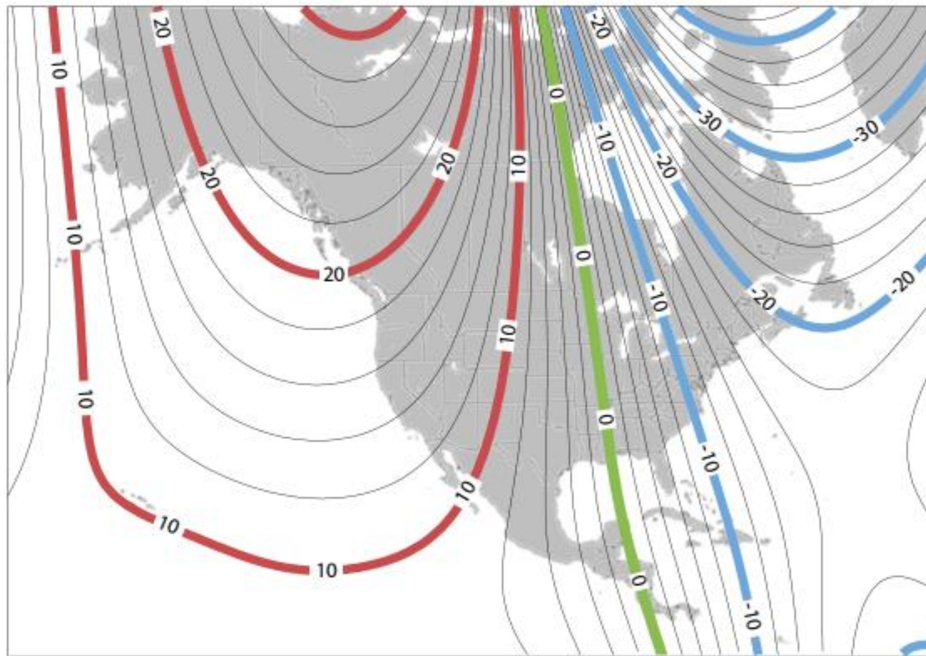


FIGURA 14.10 | CORRECCIÓN DEL ÁNGULO DEL NORTE MAGNÉTICO AL POLAR

La dirección del norte de la brújula para los cálculos de iluminación natural debe corregirse desde la dirección del norte magnético mediante los valores mostrados, ya que el norte magnético está ubicado en el norte de Canadá y no está alineado con el eje de rotación de la Tierra.

» Imagen creada con el software World Magnetic Model de NOAA.



14.5 EL DISEÑO DEL EDIFICIO

El diseño de iluminación natural se facilita mediante una cuidadosa planificación y diseño del espacio en relación con la configuración y orientación del edificio, las aberturas de luz natural, la geometría del espacio interior y el espacio exterior que rodea el edificio. La geometría y la forma del edificio evolucionan a partir de los métodos de distribución de luz natural aplicados.

14.5.1 DISPOSICIÓN DE LOS ESPACIOS INTERIORES

Dadas las condiciones de luz natural en diferentes orientaciones de fachada, los edificios iluminados a menudo se alargan en dirección este-oeste para proporcionar una mayor exposición al norte y al sur donde la luz solar directa es poco frecuente (norte) o relativamente fácil de controlar (sur). Para iluminar un gran porcentaje del interior del edificio, el edificio también debe ser relativamente delgado, colocando más área interior cerca del perímetro. Consulte la Figura 14.11 para ver un ejemplo. Los espacios de circulación y servicios pueden ubicarse mejor en un núcleo central o en las fachadas oeste y este.

La distribución adecuada del espacio del edificio debe ubicar los espacios en las fachadas para los que sean más adecuados. Por ejemplo, en una escuela los espacios artísticos están mejor ubicados en el lado norte, donde la luz del día es difusa y relativamente consistente en distribución y calidad. Se pueden colocar espacios más tolerantes al deslumbramiento en las otras exposiciones. Los espacios que mejor se adaptan a los estantes livianos deben ubicarse en una fachada orientada al sur, donde son más efectivos. Las aulas que quedan libres al final del día escolar a las 2:30 p.m.

pueden aceptar mejor una exposición occidental ya que durante la mayor parte del día ocupado el sol no incidirá en esa fachada (tenga en cuenta que el horario de verano sitúa el mediodía solar más cerca de la 1 p. m. que de las 12 p. m., lo que limita aún más la exposición a las condiciones de luz solar de la tarde). Los espacios que pueden beneficiarse de la ganancia solar invernal en climas más fríos deben ubicarse en una exposición al sur.

FIGURA 14.11 | UN EDIFICIO CON ILUMINACIÓN NATURAL

Esta planta alargada en un edificio universitario permite que la luz natural llegue a la mayoría de los espacios a través de ventanas o de un atrio central iluminado. Los espacios de color marrón son áreas de oficina y trabajo, los espacios de color coral son aulas y espacios para reuniones y las áreas de color crema incluyen la circulación y el atrio. El atrio ofrece más luz natural a los espacios circundantes en los pisos superiores. Las áreas de servicio y los baños se concentran en lugares interiores donde no hay poca o ninguna iluminación natural.

Imagen ©William McDonough + Partners

Muchos edificios no están orientados según una dirección principal de la brújula. Con el conocimiento de la posición del sol y la ayuda de herramientas de modelado, se puede determinar la penetración de la luz solar y la luz diurna disponible para cualquier orientación de apertura (consulte 14.10 Evaluación de la penetración de la luz solar). En algunos casos, partes de un edificio pueden diseñarse para proteger otras secciones del edificio o aberturas de luz natural de la luz solar directa. Un ejemplo puede ser un vestíbulo con una gran extensión de vidrio que recibe sombra de una sección más alta de un edificio durante las horas de la tarde. Esto puede mejorar el confort visual, reducir las cargas de refrigeración y disminuir el consumo de energía.

14.5.2 PAISAJE EXTERIOR Y EL PAISAJE ARTIFICIAL

La cantidad de luz que incide en una abertura de luz natural depende de la luminancia, el tamaño y la posición relativa del sol, el cielo, el suelo y otros objetos que aportan luz natural a una abertura. Los objetos que pueden dar sombra al sol o al cielo, incluida la vegetación y otras estructuras, pueden alterar significativamente la luz natural directa, así como la luminancia del suelo y otras superficies que reflejan la luz natural en una abertura. Dado que la luz solar puede proporcionar cinco o más veces la iluminancia generada por el cielo cuando incide en una abertura vertical u horizontal, los objetos que ensombrecen pueden reducir significativamente la luz diurna incidente y reflejada. Algunos diseños de

edificios han empleado vegetación de hoja caduca como medio para controlar la ganancia solar, lo que también reduce la luz natural proporcionada. El diseño del paisaje debe coordinarse con la ubicación del edificio y el diseño arquitectónico para lograr el rendimiento de iluminación natural deseado, teniendo en cuenta que los árboles crecen y proyectarán sombras significativamente mayores en el futuro.

14.5.3 DISEÑO DE FACHADA

El exterior de una fachada se puede configurar para controlar la luz solar, admitir luz natural difusa y mantener una vista del exterior mediante la aplicación de voladizos, estantes ligeros y otras características arquitectónicas. El diseño de estos elementos debe adaptarse a la orientación de las fachadas, la latitud del sitio y las necesidades del espacio. Un sistema de sombreado exterior puede reducir las cargas de enfriamiento y minimizar el tiempo que se pueden requerir dispositivos de sombreado interiores. Las soluciones para proteger las ventanas de la luz solar directa varían según la orientación y la latitud: los elementos horizontales brindan el máximo beneficio en una fachada orientada al sur en latitudes medias y los elementos horizontales y verticales brindan beneficios en fachadas orientadas al este y al oeste, dependiendo de la hora del día y la estación. En el diseño de dispositivos de sombreado exterior, otras cuestiones que pueden necesitar ser consideradas incluyen las siguientes.

• tratamiento de nieve y hielo, que pueden acumularse y posteriormente caer de persianas y otros elementos

• aves, que se reúnen o pueden anidar en áreas cubiertas

• limpieza y mantenimiento de las ventanas y sistema de sombreado.

14.5.4 ABERTURAS DE LUZ NATURAL

La ubicación de las aberturas de luz natural determina la distribución de la luz natural interior más que cualquier otra característica. Con las ventanas, la mayor parte de la luz natural que llega al plano de trabajo cerca de una ventana llega directamente desde la abertura de luz natural. A medida que aumenta la distancia desde la ventana, aumenta la fracción de luz interreflejada (consulte la Figura 14.12).

Las ventanas más altas proporcionan una penetración más profunda de la luz natural. Colocar ventanas cerca de superficies con reflectancias relativamente altas, como cerca de las paredes laterales dentro de un espacio, ayuda a reducir el contraste entre la ventana y las superficies interiores adyacentes. Además, ampliar la abertura hacia una abertura de luz natural amplía la distribución interior de la luz natural e ilumina las áreas vecinas de paredes y techos. Esto disminuye el contraste entre la apertura y su entorno, lo que mejora el confort visual. El tamaño y el espacio entre ventanas o tragaluces determinan la uniformidad general de la luz natural que se logrará en todo el plano de trabajo o superficie de la habitación y se puede evaluar mediante software de análisis de luz natural o modelos físicos. El espaciamiento de los tragaluces para una iluminancia uniforme se analiza en 14.6.2.1 Tragaluces. En algunos casos, es posible que se deseen distribuciones de luz natural no uniformes para crear un punto focal o agregar dramatismo a un espacio.

14.5.5 PROPIEDADES REFLECTANTES DE LAS SUPERFICIES

Los sistemas de iluminación natural funcionan mejor con reflectancias relativamente altas en las superficies de las habitaciones que:

• aumentan la cantidad de luz natural suministrada
• aumentan la penetración de la luz natural

• proporcionan más luz natural a las superficies que se miran desde lejos de una abertura de luz natural, reduciendo así las sombras
• reducen el contraste entre la apertura de luz diurna y las superficies interiores adyacentes, lo que hace que las condiciones de visualización de la abertura sean más cómodas.

Las reflectancias recomendadas se muestran a continuación, siendo preferibles los valores más altos.

• Techo: 90% o más
• Paredes: 60% o más
• Piso 20% o más
• Tabique: 40% o más

Las superficies arquitectónicas brillantes o especulares pueden ser problemáticas, particularmente cuando se coloca una abertura de luz natural en un ángulo especular con respecto a la superficie para una posición de visualización común. Los ejemplos incluyen pantallas de información de vídeo, vitrinas de vidrio e incluso materiales de superficie de sala altamente especulares, como el granito pulido. Los revestimientos antideslumbrantes pueden resultar beneficiosos para pantallas de vídeo y vidrio, pero la mejor solución es una planificación del espacio que tenga en cuenta la interacción entre estas superficies y las aberturas de luz natural. Los reflejos semiespeculares pueden mejorar la distribución de la luz natural al reflejarla más profundamente en un espacio desde una superficie como un estante de luz, que está fuera de la vista de los ocupantes.

14.6 MATERIALES DEL TIPO VIDRIADO

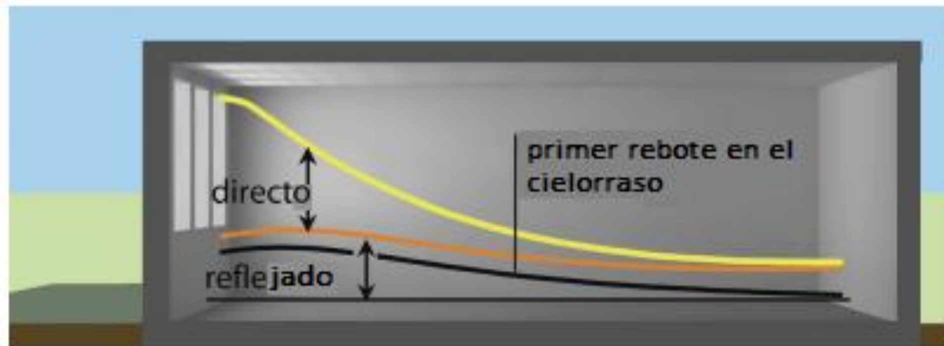
Esta sección describe las diversas métricas utilizadas para cuantificar las propiedades de los materiales de vidriado y proporciona una descripción general de muchas de las opciones de vidriado disponibles.

14.6.1 PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

Hoy en día, existe una amplia variedad de materiales de acristalamiento disponibles. Sus características de transmisión de luz varían en la cantidad de luz transmitida, su contenido espectral y las características direccionales de la luz transmitida. Los materiales se diferencian en otras características importantes como propiedades térmicas, transmisión solar, costo, espesor y apariencia. Al diseñar sistemas de suministro de luz natural para edificios, la selección del material de acristalamiento debe considerar la calidad y distribución de la luz natural, el rendimiento energético, el costo, la constructibilidad, la durabilidad, los requisitos del código y la estética. Los códigos de energía pueden establecer estándares mínimos de desempeño para materiales de acristalamiento basados en la zona climática del sitio [21]. El modelado de energía para validar el cumplimiento del código a través de una forma de desempeño en lugar de un cumplimiento prescriptivo proporciona una mayor flexibilidad de diseño para el tamaño de las aberturas y los materiales de acristalamiento.

FIGURA 14.12 | ILUMINANCIA DE LUZ DIURNA DIRECTA Y REFLEJADA

Este gráfico ilustra las contribuciones directas y reflejadas (incluido el primer rebote desde el techo) a lo largo de la línea central de una habitación con iluminación lateral proporcionada por un cielo despejado. El tamaño de la habitación es 12,2 x 12,2 x 3,0 m y las reflectancias son 90/60/20. La línea superior muestra la iluminancia total, la línea media es toda la luz interior reflejada y la línea inferior es el primer rebote desde el cielorraso. La luz reflejada es más de la mitad de la iluminancia total más allá de aproximadamente la altura de una ventana en el espacio.

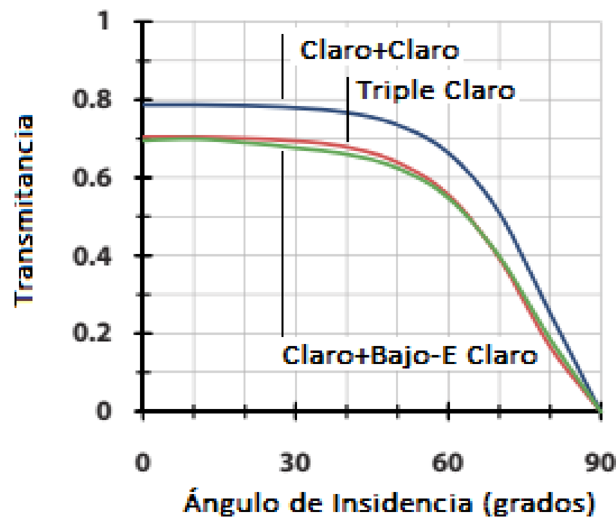


14.6.1.1 TRANSMITANCIA VISIBLE (TV ó T_{VIS})

La transmitancia visible se expresa como porcentaje (0-100%) o como decimal (0-1,0). Este valor representa la fracción del flujo incidente que llega a un ángulo de incidencia normal (directamente sobre una superficie) y pasa a través de un material. En el diseño de iluminación natural, un TV más alto requiere áreas de acristalamiento más pequeñas para lograr una iluminancia objetivo particular. Un TV más alto puede conducir a una mayor eficiencia energética, ya que la fenestración suele ser el eslabón débil en la envolvente exterior para las ganancias y pérdidas térmicas; sin embargo, transmitancias más altas y áreas de acristalamiento más pequeñas pueden reducir la uniformidad de la luz natural y aumentar el deslumbramiento debido al mayor contraste con las superficies circundantes. Por el contrario, las bajas transmitancias del acristalamiento (por debajo de aproximadamente el 25-35%) pueden no proporcionar un diseño energéticamente eficiente y los ocupantes pueden calificarlas como demasiado oscuras [22] [23]. Sin embargo, en entornos con períodos prolongados de cielos despejados y brillantes, algunos proyectos han logrado éxito con transmitancias más bajas [24]. El acristalamiento aislante transparente estándar (dos capas de vidrio separadas por un espacio de aire) con un revestimiento de baja emitancia tiene una transmitancia de aproximadamente el 75%. Para las ventanas de visualización, a menudo se seleccionan transmitancias ligeramente más bajas para aumentar el confort visual. La transmitancia óptima implica un equilibrio entre energía (calefacción, refrigeración e iluminación eléctrica) y el confort de los ocupantes. Es posible que el código requiera ventanas de triple panel en climas muy fríos. Aunque el TV se mide para la luz que incide normal a una superficie, la transmitancia es una función del ángulo de la luz incidente. La Figura 14.13 muestra la reducción en la transmitancia que experimentarán una sola hoja plana de vidrio transparente y una unidad de acristalamiento aislado compuesta por dos capas de vidrio transparente para diferentes ángulos de luz incidente. En ángulos de luz incidente superiores a 60-70 grados con respecto a la superficie normal, la transmitancia disminuye significativamente.

FIGURA 14.13 | TRANSMITANCIA DEL VIDRIO VERSUS ÁNGULO DE INCIDENCIA

La transmitancia del vidrio varía con el ángulo en el que la luz incide sobre la superficie, particularmente en ángulos elevados.



14.6.1.2 COEFICIENTE DE GANANCIA DE CALOR SOLAR (SHGC)

El SHGC, que varía de 0 a 1,0, representa la fracción de radiación solar incidente transmitida a través de un material de vidriado hacia un espacio, ya sea mediante transmisión directa o mediante absorción y posterior radiación, conducción, o convección. SHGC considera la transmisión de radiación UV, visible e infrarroja. En exteriores, la fracción de radiación visible bajo la luz solar directa es sólo alrededor del 46% de la radiación total (medida en vatios). El resto se encuentra principalmente en las porciones ultravioleta (7%) e infrarroja (47%) del espectro, todo lo cual contribuye a la ganancia de calor dentro de un espacio. Cuando es necesario enfriar un espacio, se prefiere un material de vidriado que transmita longitudes de onda visibles pero rechace las longitudes de onda no visibles. Por el contrario, cuando se requiere calefacción, las longitudes de onda no visibles aportan una ganancia solar beneficiosa que reduce la energía de calefacción. Por esta razón, unos SHGC más altos pueden ahorrar energía en climas fríos.

14.6.1.3 FACTOR U

El factor U es una medida de la conducción de calor a través de un material, normalmente medida en W/h/m^2/K o Btu/h/ft^2/F. El factor U es el inverso de la resistencia térmica (valor R) de un material o conjunto, donde factores U más bajos significan mejores propiedades de aislamiento. El calor transferido a través de un material por conducción, Q, en vatios o BTU, es el producto de la diferencia de temperatura (△T) entre el material, el factor U y el área (A) del material.

Q = U x A x △T

(14.1) Las propiedades que afectan el factor U incluyen el material de vidriado, su espesor, el número de capas, el espacio entre las capas, el gas de relleno dentro de este espacio y cualquier recubrimiento especial que se aplique al vidrio, como recubrimientos de baja emisividad (baja E). Los revestimientos de baja emisividad limitan la radiación de calor a través del espacio de aire, mejorando el rendimiento térmico de las ventanas.

Si bien los parámetros anteriores afectan la transmisión de calor a través del centro del vidrio, el eslabón débil en la mayoría de las ventanas es el marco, particularmente cuando el material sólido se extiende desde el exterior hacia el interior. Los marcos de las ventanas suelen estar hechos de aluminio, madera, vinilo o fibra de vidrio. Las roturas térmicas (capas no conductoras) dentro del marco, particularmente los marcos hechos de material conductor como el metal, ayudan a reducir la transferencia de calor del marco, reduciendo el factor U para todo el conjunto y mejorando su eficiencia energética. En el análisis energético de un edificio, es importante considerar el factor U promedio de un conjunto de ventana completo, que considera tanto el vidrio como el marco. La mayoría de los factores U de acristalamiento son valores del centro del vidrio, por lo que las ventanas con áreas grandes de marco y parteluz o mainel tendrán factores U significativamente más altos cuando se promedien en todo el conjunto.

14.6.1.4 RELACIÓN DE GANANCIA DE LUZ A SOLAR (LSG)

La relación de TV a SHGC, que a menudo se denomina relación de ganancia de luz a solar, sirve como métrica para comparar la idoneidad de los materiales en climas cálidos, donde los espacios deben enfriarse la mayor parte del año. Las altas proporciones de LSG ayudan a minimizar la carga de enfriamiento asociada con la luz del día y mejoran la eficiencia energética en climas cálidos y en espacios que deben enfriarse. Los materiales con una proporción alta de LSG generalmente no son buenas opciones para climas fríos donde la ganancia solar pasiva es beneficiosa.

14.6.1.5 TRANSPARENCIA (DIFUSA VERSUS PRESERVACIÓN DE IMAGEN)

La transparencia de un material de vidriado determina la direccionalidad de la luz transmitida a través de él. Un material que preserva la imagen (que puede ser transparente o teñido) proporciona una vista del exterior y no redirige la luz transmitida. Por otro lado, los materiales translúcidos distribuyen la luz diurna transmitida en todas direcciones, independientemente de la dirección de incidencia. Muchos materiales translúcidos proporcionan una distribución cercana a la de un reflector perfectamente difuso (consulte 1.5.1.1 Reflexión). La luz del sol, el cielo y la tierra producirán distribuciones similares cuando se transmitan a través de un material de vidriado difuso. Los vidriados translúcidos se aplican mejor por encima de la altura de los ojos, ya que generalmente se desea una vista del exterior. Algunos materiales proporcionan sólo una difusión parcial del haz directo, conservando parte de su direccionalidad. Algunos materiales, como el vidriado poroso y la mayoría de los materiales de tela para cortinas, proporcionan una combinación de transmitancia especular y difusa. La luz del sol puede pasar a través de las áreas de acristalamiento transparente en vidrio poroso (ver 14.6.2.7 Vidrio poroso) o a través de orificios en una pantalla de tela, pero de lo contrario se refleja, se transmite, se refleja o se absorbe de manera difusa. Muchos materiales de tragaluces son translúcidos o prismáticos para dispersar la luz solar en una amplia gama de ángulos, iluminando grandes áreas y eliminando al mismo tiempo la incomodidad térmica y visual negativa asociada con el haz de luz solar. Esto es esencial en los espacios de trabajo para mantener condiciones de visualización cómodas. Para materiales no lambertianos, es posible obtener funciones de distribución de transmitancia direccional, o BTDF (ver 1.5.1.2 Transmisión y 14.18 Formulario), para analizar el desempeño de su sistema dentro de herramientas de software avanzadas. Se utiliza una medición de turbidez para evaluar el grado de difusión de los plásticos; se recomienda un valor del 90% o más para la mayoría de los fines de iluminación natural difusa. La neblina es el porcentaje de luz transmitida en incidencia normal que el material dispersa más de 4 grados [25].

14.6.2 VIDRIO ARQUITECTÓNICO

El vidrio arquitectónico generalmente preserva la imagen, con variaciones en el número de capas, gases de relleno, aditivos y recubrimientos. Estos recubrimientos y aditivos cambian la apariencia del vidrio, haciéndolo más reflectante, menos transparente y alterando o cambiando la composición espectral de la luz del día filtrada y reflejada. El vidrio arquitectónico se puede obtener en una variedad de formas y opciones diferentes, como se describe a continuación, y debe distinguirse del vidrio enjuta (colocado en bloques regulares), que tiene elementos opacos detrás y a menudo se

usa para revestir partes de un edificio para conservar el aspecto de un vidrio completo, fachada exterior. El vidrio arquitectónico se puede obtener en una variedad de formas y opciones diferentes, como se describe a continuación.

14.6.2.1 UNIDADES DE ACRISTALAMIENTO AISLADO

Las unidades de acristalamiento aislado (UGI) constan de múltiples capas de vidrio separadas por un espacio de aire o un material aislante y transmisor de luz. El gas de relleno más común es el aire, que debe combinarse con un material desecante para eliminar la humedad dentro del espacio y evitar la condensación. Las ventanas más avanzadas contienen un gas inerte como argón o criptón o a veces el vacío, para limitar la conducción y la convección y mejorar aún más el factor U. Los materiales sólidos que se utilizan para el relleno incluyen fibras, capas celulares y material de aerogel. Estos materiales aumentan el valor U y difunden la luz diurna transmitida.

14.6.2.2 LOW-E

El acristalamiento Low-E contiene un revestimiento de baja emisividad, normalmente en una de las caras interiores de una unidad de vidrio aislante. Este recubrimiento es una capa microscópicamente delgada de un metal u óxido metálico que inhibe la radiación térmica de un panel de vidrio al siguiente, lo que conduce a factores U y SHGC más bajos. En una unidad de vidrio aislante, el revestimiento de baja emisividad normalmente se coloca en una de las superficies interiores. Colocarlo en el interior de la capa de vidrio exterior (superficie # 2, la segunda superficie desde el exterior) generalmente resultará en la mejor opción para SHGC bajo, mientras que colocarlo en la superficie exterior del panel interior (superficie # 3) generalmente resulta en un mejor desempeño del factor U.

14.6.2.3 ESPECTRALMENTE SELECTIVO

Para ofrecer un SHGC bajo, pero un VT alto, a menudo se aplican recubrimientos espectralmente selectivos al vidrio. Estos recubrimientos, a menudo capas microscópicas de plata, reflejan las longitudes de onda no visibles al tiempo que admiten la energía visible, lo que da como resultado una luz natural altamente eficiente en espacios que requieren refrigeración. La Figura 14.14 ilustra las diferencias en la transmitancia espectral entre una variedad de diferentes tipos de vidrio. En exteriores, la luz del día contiene aproximadamente 93 lúmenes por vatio de radiación, pero la luz del día transmitida a través de los mejores acristalamientos espectralmente selectivos puede llegar a 250-300 lúmenes por vatio. Por naturaleza, los recubrimientos espectralmente selectivos también son recubrimientos de baja emisividad.

14.6.2.4 BAJO EN HIERRO

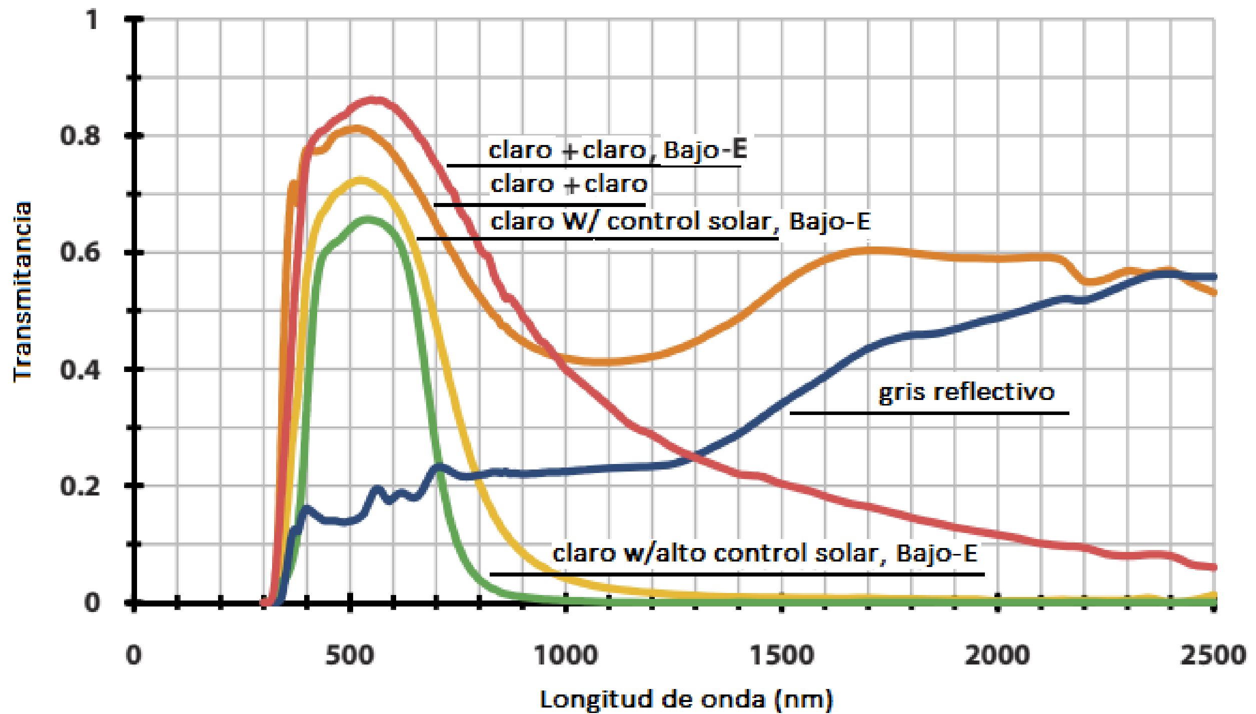
El vidrio fabricado con un bajo contenido de hierro tiene una transparencia muy alta y es incoloro, mientras que el vidrio sodocálcico estándar tiene un ligero tinte verde. El vidrio con bajo contenido de hierro también tiene una menor reflectancia y por lo tanto, es popular en escaparates y otras aplicaciones donde se desea alta claridad y transmitancia.

14.6.2.5 VIDRIOS TINTADOS

Algunas ventanas y materiales de claraboyas contienen tintes para modificar la apariencia del vidrio, lo que también afecta el contenido espectral de la luz diurna transmitida. Los tintes disponibles consisten en gris, azul grisáceo, azul agua, verde agua, azul intenso y bronce. Es importante evaluar el color de la luz natural y su efecto en la reproducción cromática, así como en la vista exterior cuando se consideran acristalamientos tintados. Se deben evaluar instalaciones reales o muestras de vidrio al seleccionar un acristalamiento tintado. También vale la pena revisar la relación LSG, ya que algunos tintes absorben más radiación visible que la no visible. La absorción aumenta la temperatura del vidrio y parte de este calor será convectivo o irradiado hacia un espacio. Se deben consultar los catálogos del fabricante o el software Window [26] para determinar las propiedades ópticas del material de acristalamiento.

FIGURA 14.14 | CURVAS DE TRANSMITANCIA ESPECTRAL PARA VIDRIO

Estas curvas espectrales se generaron a partir de la biblioteca Window 6 [27] para una variedad de configuraciones de acristalamiento diferentes. Aquellos con transmitancias más altas por encima del rango visible tienen valores de SHGC más altos y relaciones de LSG más bajas. Los acristalamientos de alto control solar transmiten radiación principalmente en las longitudes de onda visibles y tienen una relación LSG superior a 2,7.



14.6.2.6 ACRISTALAMIENTO REFLECTANTE

El acristalamiento reflectante tiene una apariencia exterior similar a un espejo. Estos recubrimientos ayudan a reducir la transmitancia solar general, lo que resulta en un SHGC más bajo. Durante muchos años, el vidrio reflectante se consideró un material de acristalamiento que ahorra energía para su uso en climas cálidos. Sin embargo, la mayoría de estos revestimientos reflectantes proporcionan VT bajos (a menudo menos del 10-20 %) con una relación LSG relativamente pobre (menos de 1,0) y no son apropiados para un edificio con iluminación natural. El acristalamiento de alta reflectancia tendrá una apariencia de espejo cuando se vea desde el lado más luminoso: por fuera durante el día y por dentro durante la noche.

14.6.2.7 VIDRIO FRITADO

El vidrio fritado es un vidrio que preserva imágenes con un material cerámico apantallado cocido sobre el vidrio en un patrón de puntos, líneas u otras formas (consulte la Figura 14.15). La frita puede absorber o transmitir luz de forma difusa, dependiendo del color y el espesor de la frita, mientras que la zona del vidrio sin fritar es transparente y permite ver a través del material. La calidad de la vista depende del tamaño de la frita, el área de cobertura y el color; las fritas más oscuras y opacas proporcionan una vista exterior más clara. El vidrio fritado se utiliza a menudo para mediar la penetración directa de la luz solar, aunque incluso con una alta fracción de cobertura de frita, la luz solar que pasa a través de las áreas transparentes seguirá siendo deslumbrante y no proporcionará suficiente protección para las tareas laborales. Las fritas de colores claros que se transmiten de forma difusa también pueden volverse incómodamente brillantes cuando se iluminan con la luz solar directa. Al seleccionar el acristalamiento poroso, la transmisión de luz natural, la luminancia de la superficie interior, la vista y la apariencia exterior e interior de los materiales son consideraciones de rendimiento importantes.

FIGURA 14.15 | VIDRIO FRITADO

Vidrio fritado como revestimiento cerámico, generalmente líneas o un patrón aplicado a la superficie del vidrio. A mayores distancias del cristal, las sombras de este pequeño patrón de frita desaparecerán debido al gran tamaño angular del sol en relación con el de los puntos. La claridad de visión también mejora con la distancia desde el vidrio y cuando se utiliza material de frita más oscuro.

» Imagen ©2010 E. 1. Dupont De Nemours and Company. Reservados todos los derechos.



14.6.2.8 ACRISTALAMIENTOS CROMOGÉNICOS

Los materiales de acristalamiento cromogénicos a menudo se denominan “ventanas inteligentes”, ya que su transmitancia se puede ajustar a las condiciones de luz natural presentes. Variar la transmitancia de estas ventanas controla simultáneamente la transmitancia de luz (TV) y la ganancia solar (SHGC). En el acristalamiento electrocrómico, que es el más común de estos materiales y ahora disponible comercialmente, se aplica un voltaje a la capa electrocrómica para alterar la transmitancia del acristalamiento, que luego permanece en la condición establecida después de que se elimina el voltaje. El tiempo necesario para cambiar la transmitancia del acristalamiento es del orden de unos pocos minutos y varía con la temperatura. Con ajustes de transmitancia muy bajos, las ventanas adquieren una apariencia algo azulada. Múltiples estudios han analizado el ahorro energético y la calidad de la iluminación que proporcionan estos materiales [27] [28] [29] [30]. Los ahorros de energía que proporcionan los acristalamientos electrocrómicos son mayores en climas cálidos, pero su estado de oscurecimiento no es lo suficientemente bajo como para eliminar la necesidad de dispositivos de protección interior para bloquear los rayos del sol cuando se utilizan en espacios de trabajo como oficinas. El vidrio fotocromático, que se oscurece automáticamente cuando se expone a la radiación ultravioleta, ha estado disponible en lentes de anteojos y ahora está en desarrollo para su uso en edificios, pero aún no está disponible comercialmente. Una tecnología similar es el vidrio termocrómico, que consiste en un recubrimiento o gel que sufre un cambio químico al alcanzar una temperatura particular, lo que hace que refleje la radiación infrarroja o se vuelva opaco. Esta tecnología se puede utilizar para reducir la ganancia solar durante las épocas más cálidas del año y es más adecuada para tragaluces que para acristalamientos verticales, ya que la vista se pierde cuando el material se activa con el calor.

14.6.2.9 VIDRIO AUTOLIMPIANTE

El vidrio autolimpiante se ha desarrollado para ayudar a la naturaleza a eliminar la suciedad de la superficie del vidrio. Una capa de dióxido de titanio en la superficie exterior del vidrio ayuda a que el sol se descomponga y un material orgánico que se adhiere al vidrio y luego, debido a que el recubrimiento es hidrófilo, ayuda a que la lluvia elimine los residuos de la superficie del vidrio [31] [32].

14.6.2.10 PELÍCULAS SOLARES
Hay disponibles varias películas diferentes que se pueden aplicar profesionalmente al acristalamiento de edificios existentes para alterar su rendimiento. Las películas de control solar rechazan la radiación ultravioleta e infrarroja para brindar protección adicional contra la decoloración o reducir la ganancia solar.

14.6.2.11 VIDRIO LAMINADO
El vidrio laminado incorpora una capa de vinilo transparente intercalada entre dos capas de vidrio. El vinilo mantiene unido el vidrio en caso de rotura y también reduce la transmisión del sonido a través del vidrio. El vidrio laminado se puede encontrar en tragaluces de vidrio, ventanas de tiendas, áreas de huracanes y otros lugares donde se desea resistencia al impacto, y en ventanas sujetas a altos niveles de ruido, como en los aeropuertos.

14.6.2.12 RESISTENCIA DEL VIDRIO
El vidrio flotado estándar, que se utiliza en la mayoría de las instalaciones, está recocido, a diferencia del vidrio templado o termoendurecido, donde el vidrio se enfría rápidamente para colocar el material cerca de la superficie exterior del vidrio en compresión y fortalecer el vidrio. El vidrio recocido se enfría lentamente para eliminar estas tensiones. El vidrio templado se utiliza habitualmente en puertas y en algunos tragaluces laminados. Cuando se rompe, se rompe en pedazos muy pequeños. El vidrio termoendurecido también se utiliza en tragaluces laminados y en áreas donde se desea un mayor rendimiento del vidrio. Un ejemplo es una fachada donde el vidrio puede estar parcialmente sombreado, lo que induce estrés térmico en el vidrio a lo largo de la línea de sombra. Esto es particularmente cierto en el caso del vidrio que absorbe mayores cantidades de energía solar. El vidrio termoendurecido se romperá en pedazos más grandes que el vidrio templado. El vidrio también puede reforzarse químicamente.

Algunos productos de vidrio de seguridad están diseñados con una película aplicada al vidrio para evitar que se rompa fácilmente. El vidrio resistente al fuego está disponible en una variedad de configuraciones diferentes. Este tipo de vidrio tiene una calificación para un período de tiempo determinado, pudiendo incluir vidrio templado, unidades rellenas de gel, vitrocerámica y vidrio alambre, entre otros. Algunos reflejan el calor para brindar mayor seguridad a los ocupantes del lado opuesto del vidrio.

14.6.3 PROPIEDADES DE RENDIMIENTO DE LOS MATERIALES DE ACRISTALAMIENTO COMUNES
Las diversas opciones en revestimientos, gases de relleno y número de capas de vidrio proporcionan diferencias en la transmitancia visible y las propiedades de rendimiento térmico para acristalamientos arquitectónicos y materiales de claraboyas. En la Tabla 14.3 se proporciona una breve muestra de diferentes materiales de acristalamiento y sus características. Los valores de LSG en esta tabla varían significativamente entre los diferentes tipos de vidrio. Los altos valores de LSG posibles con recubrimientos espectralmente selectivos proporcionan luz natural con menos ganancia solar y son muy beneficiosos en climas cálidos y calurosos. Los tipos de vidrio reflectante enumerados tienen una ganancia solar baja, pero transmitancias visibles aún más bajas, y no son buenas opciones para aplicaciones de iluminación natural. El bajo LSG del tragaluz de triple capa está diseñado para proporcionar una ganancia solar beneficiosa para ayudar a compensar la pérdida de calor en un ambiente más frío. Se deben consultar los catálogos del fabricante o el software Window [26] para determinar las propiedades de rendimiento del material de acristalamiento.

CUADRO 14.3 | EJEMPLOS DE PROPIEDADES DEL VIDRIO

Una variedad de diferentes tipos de materiales de acristalamiento y sus propiedades de desempeño. Las cantidades son valores del centro del vidrio. Todas las configuraciones son aislantes, de doble capa salvo que se indique lo contrario. Los valores altos de LSG son beneficiosos en espacios donde con frecuencia se requiere refrigeración, ya que indica una mayor transmisión de luz (lúmenes) por vatio de energía transmitida a un espacio. Los acristalamientos reflectantes, además de tener un LSG bajo, a menudo también tienen un VT bajo.

Tipo de Vidrio	Color	VT (%)	SHGC (%)	LSG	Factor - U (Invierno)
Estándar Bajo-E	• Claro	79	70	1.13	2.74
	• Tintado Gris	40	45	0.89	2.74
	• Tintado Bronce	48	50	0.96	2.74
	• Tintado Verde-Azulado	60	39	1.54	2.74
Reflectivo Bajo-E	• Gris Reflectivo	15	27	0.56	2.74
	• Bronce Reflectivo	19	30	0.63	2.74
Espectralmente Selectivo Bajo-E	• Claro de Bajo Hierro	64	27	2.37	1.60
	• Verde	49	28	1.75	1.60
Tragaluz, Bajo-E Doble W/Relleno de Argón	• Claro	53	32	1.66	2.85
	• Blanco	38	30	1.27	2.74
Tragaluz, Triple	• Blanco	45	58	0.78	1.71

14.6.4 ACRÍLICO Y POLICARBONATO

La mayoría de los tragaluces unitarios para edificios comerciales están construidos con material acrílico o policarbonato. Estos plásticos de mayor rendimiento pueden ser transparentes o difusores y, a menudo, son abovedados o piramidales para aceptar la luz del día desde ángulos más bajos y aumentar la rigidez estructural de los tragaluces. Al igual que las ventanas, los tragaluces se pueden crear con una, dos o tres capas de material de acristalamiento para lograr diferentes rendimientos térmicos. La mayoría de los materiales de vidriado acrílico y plástico modernos están estabilizados contra los rayos UV y no amarillean con el tiempo cuando se exponen a la radiación UV. Los vidriados acrílicos y de policarbonato se encuentran comúnmente en productos de claraboyas tipo bordillo tanto residenciales como comerciales.

14.6.5 MATERIALES PRISMÁTICOS

Los materiales prismáticos ofrecen otro método para difundir la luz solar en aplicaciones de tragaluces. Se pueden utilizar prismas, facetas y crestas en la superficie del acristalamiento para dispersar el haz de luz solar a medida que se transmite a través del material. La ventaja de los materiales prismáticos para tragaluces es un TV más alto que el que es posible con un material pigmentado blanco (al minimizar la reflexión y absorción del material). Un TV más alto ayuda a minimizar el área de acristalamiento requerida, lo que puede mejorar la eficiencia energética al minimizar la ganancia y pérdida de calor.

FIGURA 14.16 | TRIFORIOS APLICADOS EN UN ESPACIO DE ADORACIÓN
Se aplican paneles sándwich de fibra de vidrio difusor en triforios en las cuatro paredes de este espacio para proporcionar luz natural desde todas las direcciones y ayudar a iluminar el techo, eliminando la necesidad de aplicar luminarias de Luz Hacia Arriba que se montan en las grandes vigas de acero durante servicios diurnos. Las ventanas a nivel del piso son transparentes para brindar una vista limitada al exterior y ayudar a equilibrar las luminancias en toda la extensión vertical de las paredes. » Imagen ©Richard Mistrick



14.6.6 PANELES SÁNDWICH Y CELULARES

Los paneles sándwich son paneles de fibra de vidrio de difusión plana, multicapa, que pueden tener aislamiento entre los paneles para mejorar su resistencia térmica [33]. La luz transmitida es difusa. Si bien estos productos no tienen valores TV muy altos, la mayor resistencia térmica adicional proporcionada por las capas aislantes ayuda a contrarrestar la necesidad de una mayor superficie. Los paneles sándwich se pueden usar en tragaluces, acristalamientos inclinados o verticales donde se desea un material que se difunda en un área grande (consulte la Figura 14.16). El material debe ser estable a los rayos UV para evitar que amarillee. Las versiones de alto rendimiento de estos materiales incorporan un aerogel de sílice para el aislamiento, y algunos productos proporcionan un factor U que se aproxima al rendimiento de una pared opaca, pero con una transmitancia relativamente baja del 20% [34]. Los paneles de policarbonato celular son otra opción para acristalamientos translúcidos. Estos paneles están construidos con celdas rectangulares con aire o un material aislante como aerogel de sílice dentro de las cavidades. Los paneles son translúcidos, ligeros y buenos aislantes.

14.6.7 SISTEMAS INTEGRADOS

Algunos sistemas de acristalamiento tienen características ópticas integradas dentro del material de acristalamiento. Las configuraciones de ventanas de múltiples capas pueden contener persianas o un sistema reflector entre las capas de vidrio. Si son especulares, pueden redirigir la luz del día hacia el techo o rechazar la luz solar y el calor reflejando una parte de los rayos del sol a través de la ventana [35]. En la Figura 14.17 se muestra una muestra de dicho producto. Otro sistema óptico consiste en un panel acrílico con cortes láser incrustados en el panel para redirigir la luz solar mediante la reflexión interna total. La luz que incide en estos cortes por encima del ángulo crítico (ver 1.5.1.1 Reflexión) se refleja hacia arriba, hacia el techo.

Los sistemas especulares estáticos redirigirán la luz del día en diferentes ángulos en diferentes momentos del día y del año. Algunos sistemas utilizan reflectores curvos donde diferentes secciones del reflector están sintonizadas a diferentes ángulos solares entrantes. Los sistemas de reflector estático y de un solo eje no alteran la dirección del azimut del rayo solar, con el resultado de que la luz de la mañana se dirige a un lado de la habitación y la luz de la tarde al otro lado. Las distribuciones de luz natural que cambian significativamente según la estación o la hora del día hacen que la integración del sistema de iluminación eléctrica sea más desafiante. La ganancia de calor solar proporcionada por los sistemas integrados que contienen reflectores especulares dependerá de la dirección de la luz solar incidente y de dónde se reflejan los rayos del sol. Se necesitan modelos informáticos avanzados que apliquen datos BSDF o modelado óptico completo de estos sistemas para evaluar la contribución de la luz solar a través de estos sistemas de acristalamiento.

FIGURA 14.17 | REFLECTORES ESPECULARES DENTRO DE UN SISTEMA DE ACRISTALAMIENTO

Este sistema fijo está diseñado para rechazar la luz solar de verano en ángulos altos mientras redirige la luz solar de ángulos más bajos hacia el techo. » Imagen ©OKALUX GmbH/Alemania.



14.7 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE LUZ NATURAL

Un sistema de distribución de luz natural es una colección de elementos arquitectónicos, que incluyen una disposición de ventanas o claraboyas junto con dispositivos de sombreado, control del deslumbramiento y redirección de la luz. Estos colectivamente admiten, controlan y distribuyen la luz natural al interior de un edificio. La forma de un espacio también juega un papel importante en la distribución y el control de la luz natural, al igual que la ubicación de la abertura de luz natural dentro del espacio, con aberturas más altas que distribuyen la luz natural en áreas más grandes. Los sistemas de suministro de luz natural incluyen una variedad de sistemas de iluminación lateral y superior (ver Tablas 14.4 y 14.5). Un sistema de suministro de luz natural está diseñado para admitir y/o redirigir la luz natural procedente del sol, el cielo y el suelo, todo lo cual puede proporcionar luz a una abertura de luz natural (consulte 7.1 Luz natural). Un solo espacio también puede recibir iluminación natural mediante más de un sistema de distribución, como una combinación de ventanas y tragaluces, para aumentar la cobertura de luz natural. Un sistema de suministro de luz natural debe funcionar en una amplia gama de condiciones del cielo y debe abordar la comodidad de los ocupantes limitando la luminancia dentro del campo de visión mientras se distribuye luz natural a las superficies interiores. Generalmente se requieren elementos interiores y exteriores de control, redireccionamiento y sombreado. No existe una única solución que funcione en todos los espacios y orientaciones. Los sistemas de iluminación natural se analizan con más detalle en las secciones siguientes.

Cuadro 14.4 | Sistemas de Iluminación Lateral

Sistema de Iluminación Lateral	Comentarios
Visual a la Ventana	• Proporciona una conexión visual con el exterior • Proporciona iluminación natural no uniforme a los espacios a lo largo del perimetro de un edificio, hasta una profundidad de 1,5 a 2 veces la altura de la ventana • Requiere dispositivos de sombreado operables en los espacios de trabajo, excepto para algunas exposiciones orientadas al norte • Luminancia de Los dispositivos de sombreado cuando están iluminados por la luz solar directa son una consideración de diseño importante.
Ventana con saliente	• El saliente bloquea la luz solar en ángulos de alto perfil antes de que entre al edificio • Mejora la calidad de la iluminación al limitar la exposición de los ocupantes a la influencia de la luz solar directa • Preserva la vista durante muchas horas cuando de otro modo sería necesario aplicar cortinas • Ayuda a reducir la carga de enfriamiento del edificio • Los salientes pueden ser macizos, translúcidos o con lamas. Translúcido y con persianas transmitirán luz natural difusa a la ventana. • El voladizo debe ser más ancho que la ventana para que sea efectivo en una amplia gama de ángulos de acimut de elevación solar.
Ventana con receso de aletas	• Las aletas bloquean o filtran la luz solar (dependiendo del material) en ángulos laterales más altos, lo que reduce la necesidad de aplicar dispositivos de sombreado operables y preserva la vista. • El sombreado de las ventanas reduce la carga de enfriamiento del edificio. • La Luminancia de las aletas de colores claros iluminadas por la luz solar directa puede convertirse en un resplandor fuente
Triforio (Ventana por encima de la Altura de los Ojos)	• Proporciona una penetración más profunda de la luz natural debido a la altura del acristalamiento. • Requiere una evaluación del potencial de luz solar directa, que puede remediarse con acristalamiento translúcido y elementos de sombreado fijos u operables, cuando sea necesario.
Bandeja Luminosa	• Proporciona una distribución de luz natural más uniforme al reducir los niveles altos adyacentes a la ventana. • El vidrio de visión puede tener una transmitancia ligeramente menor; Un TV alto para la ventana superior ayuda a aumentar la penetración de la luz natural. • El estante debe ser más ancho que la ventana para bloquear la luz solar en ángulos de acimut de mayor elevación.
Bandeja Exterior	• El estante sirve como saliente para la ventana inferior, eliminando la necesidad de dispositivos de protección interior la mayor parte del tiempo. • El estante refleja la luz del día hacia el techo a través de la ventana superior • El estante puede ser opaco o translúcido • La ventana superior requerirá sombra si no hay un estante interior presente
Bandeja Interior	• Los estantes bloquean la transmisión de la luz solar desde el plano de trabajo directamente, aumentando los niveles de luz natural al permitir que la ventana superior funcione sin dispositivos de protección interior en la mayoría de los diseños. • Los estantes reflejan la luz del día hacia el techo; una reflectancia semiespecular aumenta la penetración de la luz natural

14.7.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN LATERAL

La iluminación lateral implica la iluminación natural a través de paredes verticales a lo largo del perímetro de un espacio. Si las ventanas están a la altura de los ojos o cerca de ella, funcionan como aberturas tanto para la luz del día como para la vista. Uno de los desafíos de los sistemas de iluminación lateral es que la distribución de la luz natural proporcionada por estos sistemas es inherentemente no uniforme. La cantidad de luz natural que llega a un plano de trabajo horizontal disminuye significativamente con la distancia a la ventana. Las figuras 14.18 a 14.21 proporcionan datos gráficos de rendimiento para varios de los sistemas descritos en esta sección. Tenga en cuenta que las características del cielo, la apertura, el acristalamiento, las sombras y las habitaciones afectan la distribución de la luz natural, y el rendimiento mostrado es para las condiciones de espacio y apertura enumeradas. Las distribuciones variarán a medida que cambien las posiciones del cielo y del sol. Es importante comprender cómo funcionan estos sistemas para adaptar mejor un diseño a un espacio y a sus tareas visuales. En algunos casos, un cielo nublado proporciona valores interiores más altos que un cielo despejado. Otras condiciones del cielo, como algún tipo de cielo parcialmente nublado, pueden proporcionar valores aún más altos.

Cuadro 14.5 | Sistemas de Iluminación Superior

Sistema de Iluminación Superior	Comentario
Tragaluces	• Aprovecha los altos niveles de luz natural proporcionados por la luz solar directa en el techo • Puede proporcionar una distribución relativamente uniforme de la luz natural en un espacio • Proporciona luz natural desde arriba: la mejor dirección para iluminar la mayoría de las tareas • Los niveles interiores varían linealmente con los valores horizontales exteriores, alcanzando picos con cielos despejados en verano • Considera la posibilidad de ampliar los pozos para una distribución más amplia de la luz natural interior y una mayor eficiencia • Los tragaluces sobre los espacios de trabajo deben ser difusores o deben contener deflectores o rejillas para bloquear la luz solar directa • Aplique materiales de alto rendimiento y un área de apertura adecuada para controlar la pérdida de calor y la energía solar ganada • El ahorro de energía sólo se puede lograr si la iluminación eléctrica se atenúa o se apaga. • Requiere coordinación con los sistemas de iluminación estructural, mecánicos y eléctricos.
Claristorios y monitores de techo (incluye techo en forma de diente de sierra)	• Puede proporcionar luz natural en un área grande • Es mejor aplicar vidriado transparente orientado hacia el norte y abordar la penetración de la luz solar en otras orientaciones usando vidriado difuso, deflectores u otros dispositivos de sombreado donde la luz solar directa sería objetable, como en la mayoría de los espacios de trabajo • Aumenta la reflectancia del techo con altos Niveles de luz natural • La reflectancia del cielorraso aumenta con la luz del día • Se requiere un tamaño y diseño adecuados para lograr la uniformidad de la luz natural en un espacio.
Tubo de luz solar	• Es posible obtener altas eficiencias en la entrega de luz natural con el haz de luz solar directa. • Requiere luz solar directa, por lo que es mejor en climas con una gran fracción de cielos despejados. • La apariencia interior es la de una luminaria cuando se usa con un cielorraso terminado o falso. Requiere coordinación con otros sistemas para evitar problemas de interferencia en áticos y plenums de cielorraso • Las tuberías de luz solar pueden tener una longitud de hasta 15 m, permitiéndose curvas en las tuberías.

14.7.1.1 VENTANAS DE VISUALIZACIÓN

La vista proporcionada por una ventana es muy importante para los ocupantes, pero al mismo tiempo proporciona luz natural al perímetro de un edificio. Como regla general, la penetración de la luz natural en un espacio desde las ventanas con el fin de lograr ahorros de energía mediante el control automático de la iluminación solo es práctica hasta una distancia horizontal de aproximadamente 1,5 a 2 veces la altura del cabezal de la ventana cuando las ventanas tienen un TV de moderado a alto. En algunos códigos de construcción/energía, el área dentro de la altura de una ventana de la pared exterior se considera zona de luz natural primaria, mientras que el área entre una y dos alturas de ventana se conoce como zona de luz natural secundaria y es posible que deba controlarse por separado desde la zona principal de iluminación natural. Los espacios orientados al norte, donde las ventanas pueden brindar vistas claras del exterior con poca o ninguna penetración de luz solar, pueden proporcionar una penetración de luz natural más profunda que otros espacios donde es probable que se apliquen persianas o cortinas interiores. Es probable que los cielos nublados proporcionen menos penetración ya que la luminancia del suelo es bastante baja y el cielo es más brillante en el cenit. Las ventanas más altas proporcionarán una penetración más profunda a través de la iluminación directa del plano de

trabajo. La fracción de la luz total del plano de trabajo que se refleja desde las superficies interiores aumenta con la distancia desde la ventana, como se muestra en la Figura 4.7. La distribución de la luz natural en el cielorraso también depende de la posición de la ventana. Cuanto más cerca esté la parte superior de la ventana del cielorraso, más brillante será el cielorraso en la pared exterior. Las partes inferiores de una ventana dirigen la luz del día hacia el cielorraso.

Varios estudios han analizado el tamaño mínimo de ventana preferido y han mostrado dependencia de la naturaleza de la vista proporcionada [36] [37] [38]. La mayoría de estos estudios se realizaron en oficinas diáfanas. Los resultados indicaron que se requieren ventanas más grandes cuando la vista contiene objetos que están más cerca de la ventana, ya que los ocupantes prefieren que la vista esté enmarcada dentro de la ventana. A mayores distancias de los ocupantes desde una ventana, la vista se vuelve más restringida para un tamaño de ventana determinado y se prefieren ventanas más anchas. El tamaño de ventana mínimo aceptable enumerado en estos estudios estaba en el rango del 25-30% para la relación ventana-pared interior y proporciones inferiores a aproximadamente el 15-20% se percibían como inaceptables. Los sujetos también prefieren patrones de ventanas más grandes y regulares con parteluces más delgados; ventanas con un TV de al menos 35 a 40% y transmisión espectral neutral. En un estudio, las personas preferían que entrara algo de luz solar por las ventanas, especialmente cuando estaban sentados más lejos de la ventana. En las zonas interiores, un atrio puede proporcionar una conexión con el exterior a través de patrones de luz solar, niveles cambiantes de luz natural y posiblemente incluso una vista si el atrio está en el perímetro del edificio y tiene acristalamiento vertical. Las ventanas de visualización en espacios de trabajo que están expuestos a la luz solar en ángulos bajos deben estar equipadas con dispositivos de protección interiores o exteriores operables para bloquear la luz solar directa en esos momentos. Los voladizos o estantes livianos pueden proteger las superficies de trabajo interiores de la luz solar en ángulo alto, lo que permite a los ocupantes retener una vista exterior sin obstáculos en más condiciones del cielo. Aún así, bajo ciertas condiciones, las ventanas de visualización pueden volverse indeseablemente brillantes. La distribución del espacio debe orientar a los trabajadores de modo que las ventanas queden a su lado, para mantener las ventanas brillantes fuera del campo de visión directo y evitar reflejos en las pantallas de las computadoras. La orientación de las pantallas de las computadoras es importante en muchos tipos de espacios diferentes, como oficinas, escuelas, aeropuertos y tiendas. Asimismo, la orientación de las pizarras y tableros blancos en las escuelas debe evitar los reflejos de las aberturas de luz natural.

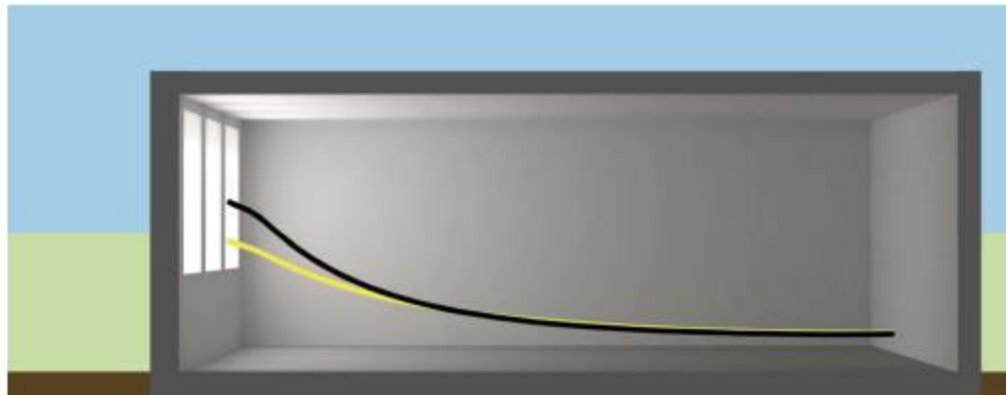
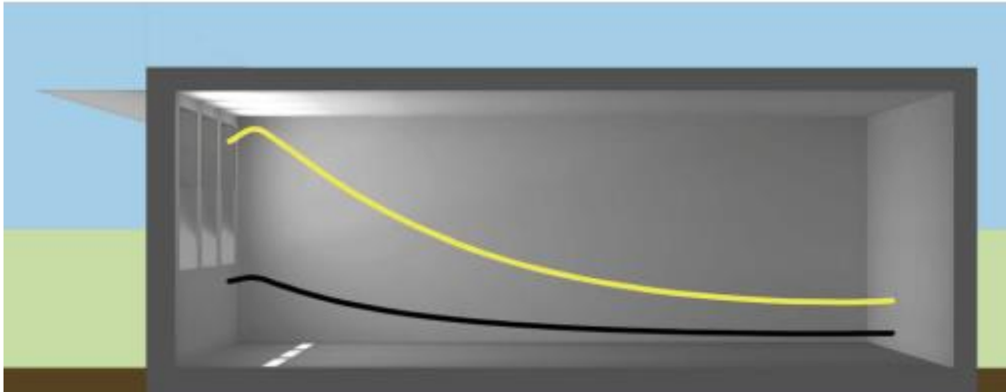


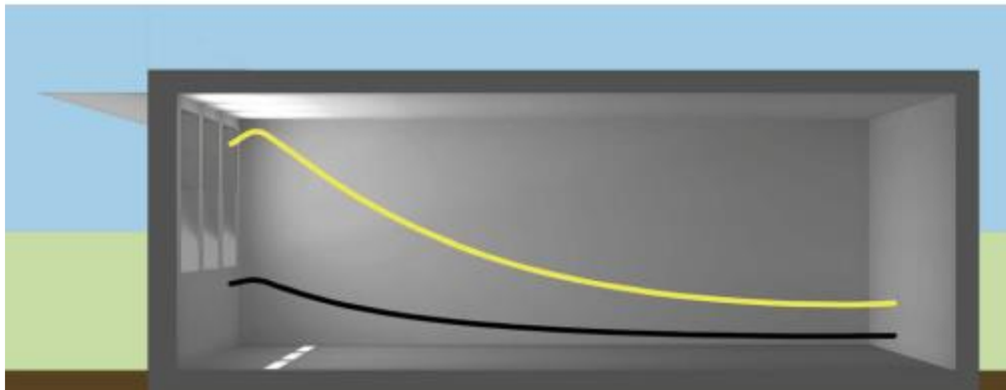
FIGURA 14.18 | ILUMINACIÓN LATERAL:

Estudios de ventanas orientadas al sur Cielo despejado: T_{vis}=0,035 Difuso; Nublado: T_{vis}=0,50 El acristalamiento es vidrio de visión clara con una capa difusora de baja transmisión para aproximarse al sombreado de la tela cuando el resplandor directo de la luz solar es problemático. En todos los ejemplos, las distribuciones de iluminancia de cielo despejado (amarillo) y cielo nublado (negro) se muestran para el 21 de marzo al mediodía solar. Las reflectancias de la habitación son 90/60/20 (techo/paredes/suelo).



Cielo Despejado: T_{vis}**=0,50; Nublado:** T_{vis}**=0,50**

El acristalamiento es de cristal de visión clara. Un voladizo opaco ayuda a evitar el deslumbramiento directo de la luz solar en ángulos de perfil solar más altos y la necesidad de aplicar sombra durante muchas horas del día. La condición de cielo despejado del 21 de marzo sin sombra (sólo se puede ver una franja de luz solar en el suelo) produce niveles de luz diurna significativamente más altos que la condición anterior, que requiere sombra. Sin embargo, bajo cielos nublados, los niveles de luz diurna se reducen debido a la visión limitada del cielo.



Cielo Despejado: T_{vis}**=0,50; Nublado:** T_{vis}**=0,50**

El acristalamiento es de cristal de visión clara. Se introduce un voladizo de persianas para abordar el deslumbramiento directo de la luz solar. El rendimiento con estas rejillas es muy similar al de un voladizo sólido.

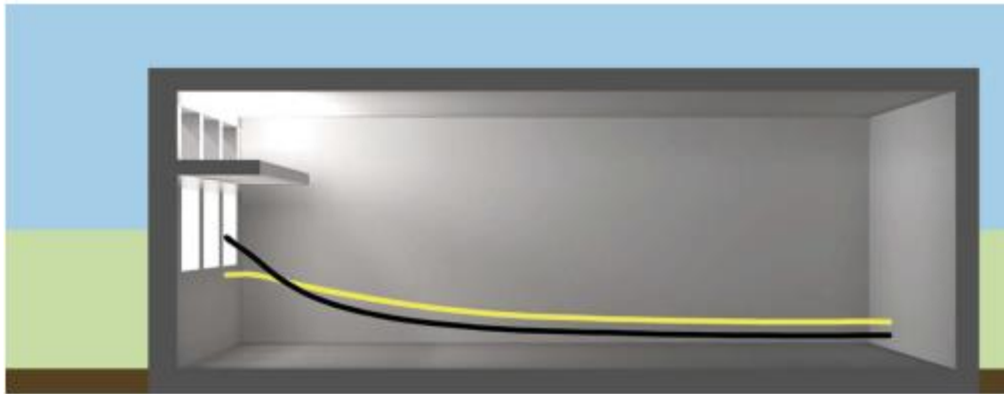
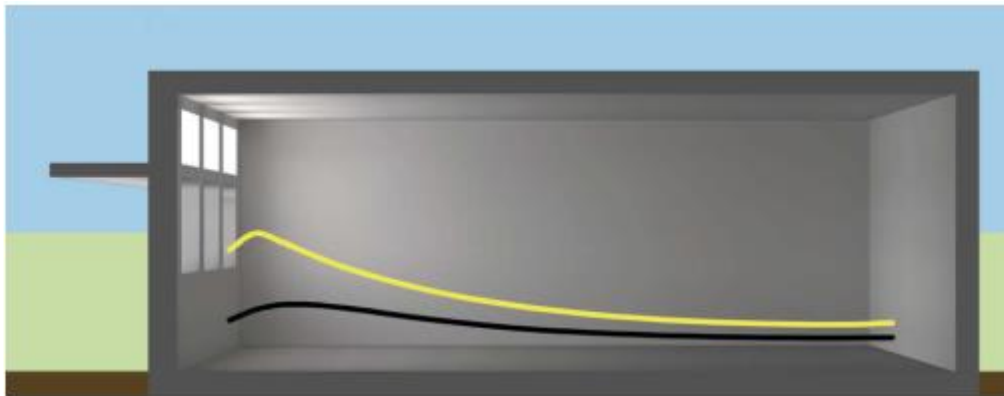


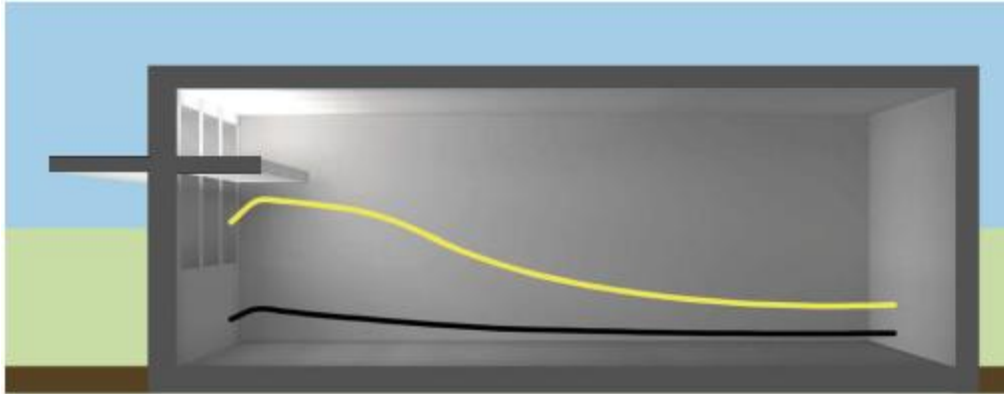
Figura 14.19 Iluminación lateral: Estante interior de estudios de estantes de luz orientados al sur, transparente: T_{vis}=0,65/0,04 (ventana superior/inferior); Nublado: T_{vis}=0,65/0,50; $\rho_{estante}$ = 0,80

El acristalamiento es vidrio de visión clara. En condiciones de cielo despejado, una persiana translúcida (difusora) cubre la ventana inferior para bloquear la luz solar directa. Para el 21 de marzo al mediodía se muestra la distribución de iluminancia de un cielo despejado (amarillo) y un cielo nublado (negro). Las reflectancias de la habitación son 90/60/20 (techo/paredes/suelo).



Estante exterior. Cielo Despejado: T_{vis}=0,08/0,50; Nublado: T_{vis}s=0,65/0,50; $\rho_{estante}$=0-60

El acristalamiento es vidrio de visión clara. Se introduce un saliente opaco para abordar el deslumbramiento directo de la luz solar. Se aplican cortinas translúcidas en la ventana superior bajo un cielo despejado.



Estante exterior e interior, cielo despejado: T_{vis}=0,65/0,50; Nublado: T_{vis}s=0,65/0,50; $\rho_{estante}$ = 0,60/0,80 (exterior/interior)

El acristalamiento es un vidrio de visión clara. Se introduce un voladizo opaco a ambos lados de la ventana para abordar el deslumbramiento directo de la luz solar. La iluminación interior bajo cielo despejado mejora significativamente bajo cielo despejado, pero se reduce bajo cielo nublado debido a la obstrucción del cielo.

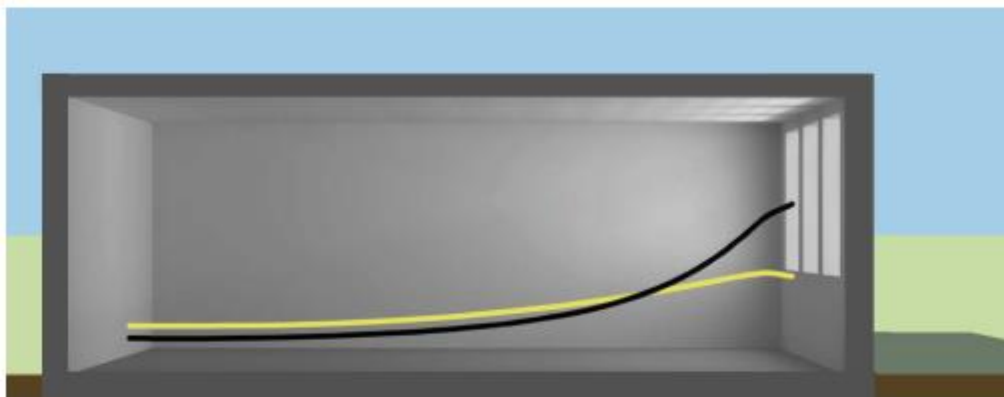
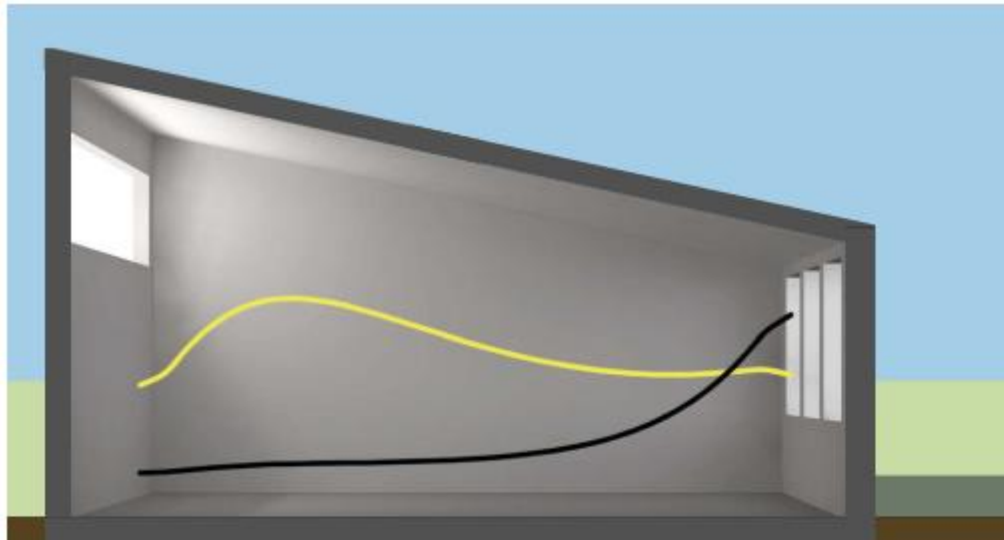
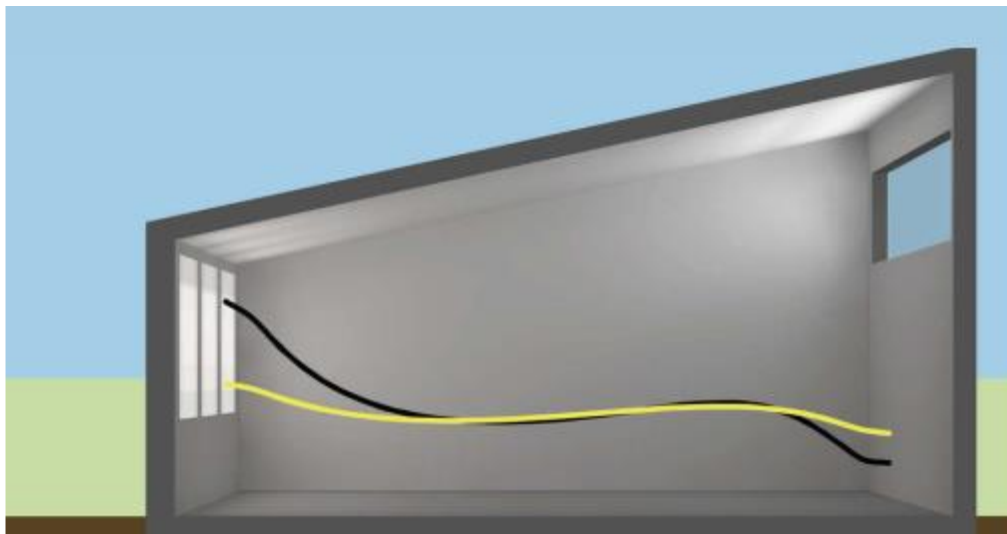


Figura 14.20 | Iluminación lateral: Estudio de ventana orientada al norte Cielo despejado: T_{vis}=0,65 difuso; Nublado: T_{vis}=0,65

El acristalamiento es vidrio de visión clara sin sombras de tela ni salientes. Las distribuciones de iluminancia de cielo despejado (amarillo) y cielo nublado (negro) se muestran para el 21 de marzo al mediodía solar. Las reflectancias de la habitación son 90/60/20 (techo/paredes/suelo). Los valores del cielo nublado son ligeramente superiores a los del sur debido a las mayores transmitancias. Los valores de cielo despejado son ligeramente superiores a los de la orientación sur con tonos translúcidos. La vista se puede mantener en la mayoría de las condiciones de luz diurna.



(a) Ambos cielos: triforio, T_{vis} = 0,20, difuso; Ver Acristalamiento, T_{vis}= 0,65



(b) Cielo despejado: Vista acristalada, T_{vis} = 0,035; Triforio, T_{vis}=0,65 Nublado: Vista acristalada, T_{vis} = 0,50; Triforio, T_{vis}=0,65

FIGURA 14.21 | ILUMINACIÓN LATERAL: ESTUDIOS DE ILUMINACIÓN NATURAL BILATERAL

Distribuciones típicas de luz natural proporcionadas a través de iluminación natural bilateral usando un triforio y vidrieras, (a) Triforio difuso orientado al sur con una ventana de visión norte despejada, (b) Ventana de visión orientada al sur con sombreado difuso bajo cielos despejados y despejados triforio orientado al norte. Se muestra una distribución de iluminancia tanto de cielo despejado (amarillo) como de cielo nublado (negro) para el 21 de marzo al mediodía. Las reflectancias de la habitación son 90/60/20. El rendimiento del cielo nublado es menor para la configuración de triforio orientado al sur con transmitancia más baja.

14.7.1.2 CLERESTORIOS

Otro método eficaz de iluminación natural implica el uso de triforios, que son ventanas colocadas por encima de la altura de los ojos o por encima de un cielorraso adyacente. Su altura adicional proporciona una mayor penetración de la luz natural, pero ofrece pocos beneficios en términos de visión. Se pueden agregar ventanas de visualización más pequeñas para proporcionar una conexión visual con el exterior. La penetración de la luz solar puede requerir la aplicación de voladizos, acristalamientos difusos o cortinas ajustables en espacios con tareas visuales importantes. La figura 14.22 ilustra algunas aplicaciones del triforio. Algunas configuraciones de triforio son un cruce entre iluminación superior e iluminación lateral, ubicando un elemento de triforio dentro del techo. Las ventanas del triforio se pueden configurar para proporcionar niveles de luz natural relativamente uniformes en grandes áreas, con luz reflejada en el cielorraso iluminando el espacio directamente debajo de la ventana del triforio.

14.7.1.3 SISTEMAS DE ESTANTES LUMINOSOS

Los estantes luminosos son elementos horizontales de sombreado y reflejo de la luz a lo largo de una ventana que interceptan y redirigen la luz del sol y la luz del cielo hacia arriba en un espacio. Pueden ubicarse en el exterior, interior o a ambos lados de una ventana. Son más eficaces en una fachada orientada al sur y funcionan mejor en climas soleados. Un estante de luz interior intercepta y refleja la luz del sol que penetra a través de una ventana directamente encima, permitiendo que esta ventana permanezca sin sombra la mayor parte del año. Sólo en ángulos de luz muy bajos es probable que la luz del sol pase a través de la ventana superior sin incidir en el estante. En una exposición al sur, esto probablemente ocurrirá durante el invierno en latitudes medias. Se debe evaluar el número de horas de penetración de la luz solar para determinar si se necesitan dispositivos de protección en algún acristalamiento superior.

Un estante exterior o brise soleil (bloqueador solar) da sombra a la ventana inferior y refleja la luz del sol a través de la ventana superior (principalmente de manera difusa, pero esto depende del material del estante). Dado que no se requeriría sombra interior excepto en ángulos bajos del sol, la vista a través de la ventana inferior se retiene durante una gran fracción de las horas de luz. Un beneficio adicional e importante es que un estante bloquea parcialmente la vista del cielo en lugares cercanos a la ventana. Esto reduce la iluminancia cerca de la ventana y crea una distribución de luz natural más uniforme en un espacio, ya que, de lo contrario, los puntos cercanos a una ventana recibirían cantidades excesivas de luz natural. Además, la vista del cielo brillante es limitada, lo que proporciona una condición de visualización más cómoda para los ocupantes de esta área.

A menudo se afirma que el propósito de un estante ligero es aumentar la penetración de la luz natural redirigiendo la luz solar hacia el techo en lo más profundo de un espacio, pero esto generalmente no es cierto.

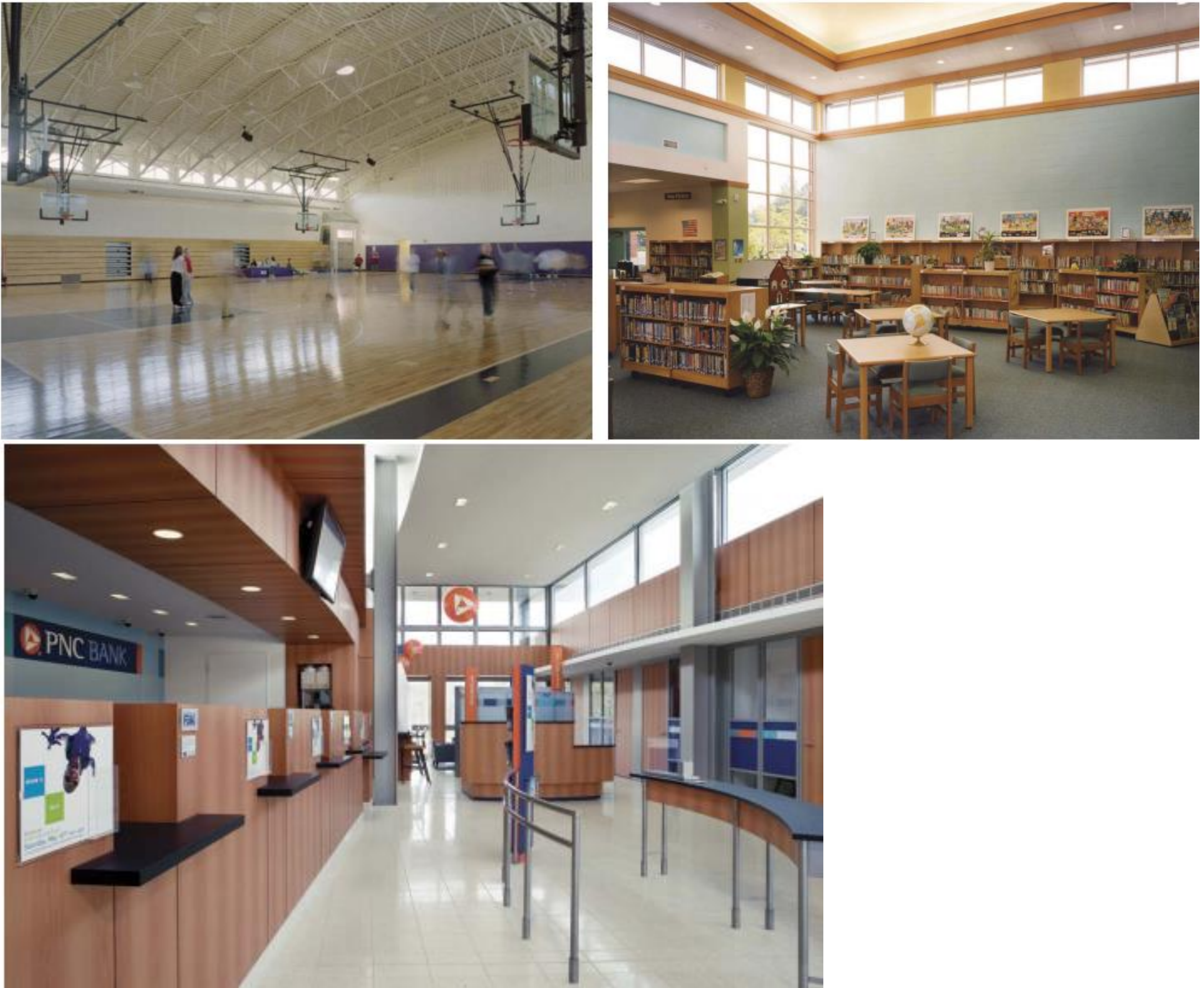


FIGURA 14.22 | EJEMPLOS DE TRIFORIOS

Desde abajo a la izquierda en el sentido de las agujas del reloj, los triforios entregan luz natural al vestíbulo/área de cajeros de una pequeña sucursal bancaria, a un gimnasio y a una biblioteca.

» Imagen izquierda © PNC Financial Services Group

» Imagen superior izquierda ©Perkins & Will

» Imagen superior derecha ©Jon Zachary

La mayoría de los estantes luminosos son casi lambertianos (reflectores difusos), por lo que el estante ilumina principalmente el techo directamente encima, que luego refleja la luz en el espacio de manera difusa y solo una fracción de esta luz natural penetra profundamente en el espacio. Si tanto el estante como el techo son reflectores difusos, en cada reflexión, la mitad de la luz que sale de esas superficies se dirige hacia la ventana. Para que un estante ligero dirija una cantidad significativa de luz hacia el techo, debe estar construido con un material que sea al menos semiespecular. Un material demasiado especular generará un patrón de haz de luz solar en el techo con rayas o puntos calientes.

Los estantes luminosos son menos efectivos bajo un cielo nublado o cuando la fachada está a la sombra. En estas condiciones, los estantes ligeros reducen los niveles de luz natural interior en todos los puntos en comparación con una ventana sin sombra, ya que desde cualquier punto del plano de trabajo la vista del cielo está parcialmente obstruida por un estante. La superficie superior de una estantería recibe mucha menos luz natural cuando está iluminada únicamente por la luz del cielo. Las métricas de luz diurna anuales permiten evaluar el rendimiento de la plataforma de luz en las condiciones del cielo que probablemente estén presentes en un sitio de construcción y se recomiendan encarecidamente para evaluar el rendimiento en las condiciones del cielo esperadas en un sitio. La Figura 14.19 proporciona una comparación de la distribución de la luz natural en un espacio proporcionado por diferentes configuraciones de estantes de luz para un cielo nublado y un cielo despejado. Las cortinas difusoras son necesarias en condiciones en las que la penetración de la luz solar produciría condiciones interiores desagradables.

Una preocupación importante y a menudo pasada por alto con los estantes ligeros es la cantidad de tiempo que la luz solar de ángulo bajo que ingresa por la ventana sobre el estante penetrará más allá de un estante interior, iluminando las superficies de la habitación, las tareas del plano de trabajo y a los ocupantes con luz solar directa. Es probable que esto ocurra en prácticamente cualquier diseño de estante liviano, ya que los estantes más cortos aumentan la cantidad de tiempo que se producirá la penetración de la luz solar. Un estante más profundo bloqueará la luz solar más veces al año, pero también reduce la cantidad de luz natural que llega al espacio, ya que el estante obstruye más cielo e intercepta más luz natural.

En el diseño de estantes livianos, el ancho de los estantes interiores y exteriores también es importante: un estante debe ser más ancho que la abertura de la ventana para bloquear la luz solar de baja altitud en ángulos de acimut distintos de cero en relación con la fachada (ángulos de azimut de elevación solar más altos) . Consulte 14.10 Evaluación de la penetración de la luz solar para conocer las técnicas de evaluación de la penetración de la luz solar.

Los estantes claros no necesitan ser opacos. La figura 14.23 ilustra una variación novedosa de un estante luminoso que aplica un material translúcido para redirigir la luz del día desde un triforio tanto hacia arriba como hacia abajo. Sin este material translúcido, el piso y la pared directamente debajo del triforio recibirían significativamente menos luz natural que el resto de la habitación, ya que un estante opaco limita la vista del área brillante del cielorraso.

14.7.1.4 SISTEMAS REFLECTORES

Se han desarrollado sistemas reflectores para la parte superior de una ventana para redirigir la luz del día hacia un espacio profundo hacia el techo. Si bien un estante de luz interior es un único elemento reflectante, estos sistemas se componen de múltiples elementos, en menor escala, que redirigen la luz del día de manera especular. En estos sistemas, el ángulo de reflexión debe controlarse cuidadosamente para dirigir la luz solar hacia arriba, hacia el cielorraso y no hacia los ojos de los ocupantes. Los sistemas dinámicos consisten en persianas horizontales especulares que se pueden ajustar para redirigir la luz del sol hacia el cielorraso, en lo más profundo de un espacio. En algunos productos, una sección superior de persianas se combina con una sección inferior configurada para bloquear la luz solar directa y admitir luz diurna difusa. El desafío de cualquier sistema reflector es que requiere un control preciso del haz para iluminar un cielorraso profundamente dentro de un espacio en un ángulo cercano al rasante. Un pequeño cambio en la dirección del rayo de luz reflejado da como resultado un cambio significativo en el lugar donde el rayo reflejado incidirá en la superficie de la habitación. Algunos sistemas de reflectores especulares son lo suficientemente pequeños como para ubicarse dentro del espacio de aire de las unidades de acristalamiento aislado, lo que elimina la necesidad de limpiar las superficies tipo espejo.



FIGURA 14.23 | ESTANTE DE LUZ TRANSLÚCIDO

Este diseño de triforio aplica un estante de luz arqueado translúcido con iluminación eléctrica integrada. La estructura transmite luz natural a la pared y el piso directamente debajo del estante, lo que aumenta los niveles de luz natural debajo del estante, la uniformidad de la iluminancia y ayuda a equilibrar las luminancias de la superficie de la sala en toda esta sala de clase.

» Imagen ©Diseño innovador



FIGURA 14.241 REFLECTORES ESPECULARES

Se aplica un sistema de reflector especular al interior de la parte superior de una ventana para redirigir la luz del día al cielorraso de un espacio de oficina. Las sombras de parteluces y columnas son visibles a lo largo del cielorraso y un estante de luz exterior da sombra a la ventana inferior (los soportes son visibles fuera de la ventana).
» Imagen ©LightLouver, LLC

En la Figura 14.24 se muestra un sistema de reflector estático. El desafío para un sistema estático es que los ángulos de la luz solar varían a lo largo del año, en 47 grados en ángulo de altitud sólo al mediodía. Un cambio de 5 a 10 grados en la dirección de salida cambiará significativamente la distribución de la luz natural en el cielorraso, por lo que diferentes secciones de este reflector curvo fijo dirigen la luz solar a diferentes distancias sobre el cielorraso y el ángulo de la luz solar redirigida para cualquier punto del reflector varía significativamente durante todo el año (en 47 grados). Durante el verano, cuando el sol está alto en el cielo, una cantidad significativamente menor de lúmenes inciden en una ventana, y las horas durante las cuales una ventana orientada al sur recibe luz solar se reducen dada la trayectoria del sol a través del cielo: una exposición al sur está en la sombra, excepto unas pocas horas alrededor del mediodía solar cuando recibe luz solar en ángulos muy altos. Al aplicar estos sistemas, los reflectores deben montarse lo más cerca posible de la fachada exterior para evitar que queden ensombrecidos por el marco de la ventana o por el espesor de la pared exterior. Al considerar los sistemas reflectores, es importante investigar los patrones y la distribución de la luz proporcionada en el techo (de la luz dirigida hacia arriba) y la luminancia del sistema reflector cuando se ve desde las posiciones típicas de los ocupantes dentro del espacio. Ambos variarán según la posición solar y las condiciones del cielo. Las posiciones del azimut solar fuera del eje dan como resultado reflejos en ángulos similares en el cielorraso. Véanse las Figuras 14.7 y 14.8 para conocer el acimut solar y los ángulos de altitud a lo largo del año. Los BTDF están comenzando a estar disponibles para estos sistemas para permitir la realización de estudios de modelado detallados [39].

14.7.1.5 SISTEMAS DE SEGUIMIENTO DE LA LUZ SOLAR

La luz solar directa, con su haz colimado, se presta bien a la redirección utilizando reflectores especulares o al enfoque en fibras ópticas. Algunos sistemas reflectores avanzados incorporan un sistema de seguimiento del sol y redirigen la luz solar a lo largo de un camino predeterminado, como hacia un atrio o un circuito de luz vertical, u horizontalmente a través

de una cámara de cielorraso o a través de la parte superior de una habitación. Los rayos de luz redirigidos inciden entonces en una superficie arquitectónica o se distribuyen mediante otro dispositivo óptico. Los sistemas de distribución de luz natural de fibra óptica aplican lentes o reflectores para enfocar la luz solar en fibras ópticas que transfieren la luz natural a los espacios interiores. Las fibras terminan dentro de un dispositivo que se asemeja a una luminaria montada en el cielorraso. Cualquier sistema óptico que deba enfocar o redirigir la luz solar en una dirección constante debe seguir la posición del sol, lo que aumenta los costos del sistema y de mantenimiento. Estos sistemas son más eficaces en lugares donde abunda la luz solar.







FIGURA 14.25 | EJEMPLOS DE ILUMINACIÓN SUPERIOR

Arriba: Un tragaluz con un pozo poco profundo proporciona una iluminación natural altamente eficiente y uniforme en un espacio industrial. El techo y el piso de alta reflectancia aumentan la iluminancia y el brillo general del espacio.

Medio: Los tragaluces mejorados mejoran la eficiencia del sistema y la distribución de la luz natural en un salón de clases. Colocar el borde del pozo abocinado cerca de la pared elimina las sombras en la pared superior.

Abajo: Los triforios orientados al norte con un techo en forma de diente de sierra brindan luz natural difusa a las aulas de preescolares.

» Imagen superior ©SunOptics

» Imagen central ©SunOptics

» Imagen inferior ©Prakash Patef/VMDO

14.7.2 ILUMINACIÓN SUPERIOR

La iluminación superior implica sistemas de luz natural que principalmente entregan luz a los espacios interiores desde el techo. El acristalamiento puede ser horizontal, inclinado o vertical (como en el caso de un monitor de techo en forma de diente de sierra). La figura 14.25 proporciona varios ejemplos. La orientación de la abertura de luz natural y la naturaleza

de las tareas en el espacio debajo de los tragaluces dictan si se prefiere un acristalamiento transparente o translúcido. En la mayoría de estos sistemas, una disposición uniforme de los elementos de luz natural en el cielorraso produce una distribución uniforme de la luz natural en todo el espacio. En algunos casos, la iluminación superior se puede aplicar de manera no uniforme para iluminar una pared o para acentuar una parte de un espacio (ver Figura 14.26).



FIGURA 14.26 | LAVADO DE PARED CON CLARABOYA
Se utiliza una claraboya estrecha y un pozo para lavar la pared frontal de esta pequeña capilla. La iluminación eléctrica para la pared también se encuentra dentro del pozo para uso nocturno.
» Imagen ©Richard Mistrick

14.7.2.1 CLARABOYAS

Las claraboyas son el enfoque de iluminación superior más común y pueden variar desde pequeñas unidades de claraboyas hasta grandes sistemas de acristalamiento estructural [40] [41] [42] [43] [44]. Algunas formas especializadas utilizan dispositivos ópticos avanzados. En espacios con cielorraso caído, ático o estructura de techo oculta, la luz natural se transmite desde el acristalamiento al espacio de abajo a través de un tragaluz, lo que afecta la cantidad y distribución de la luz natural que ingresa al espacio. Los tragaluces ofrecen una serie de ventajas distintivas como sistema de iluminación natural. En primer lugar, donde la luz solar es abundante, la luz natural disponible en el techo de un edificio es significativa, lo que permite áreas de apertura más pequeñas que las que se requerirían con acristalamiento vertical para lograr iluminancias de luz natural similares. Esto ayuda a minimizar la pérdida de calor y la ganancia solar. En segundo lugar, proporcionar luz natural desde arriba proporciona una luz de alta calidad y uniformidad.

TRANSPARENTE VERSUS TRANSLÚCIDO

Los tragaluces transparentes o translúcidos suelen estar hechos de vidrio, acrílico, policarbonato o fibra de vidrio. Si se desea un acristalamiento transparente, el tragaluz está hecho de vidrio templado o laminado o de un material acrílico para evitar roturas. Los acristalamientos translúcidos son acrílicos o policarbonato y pueden ser planos, abovedados, piramidales, abovedados o de alguna otra forma. Los tragaluces piramidales y abovedados que se proyectan hacia arriba desde su base ayudan a recoger la luz del sol en ángulos de baja altitud.

Para los tragaluces sobre áreas de trabajo en oficinas o situaciones industriales, el acristalamiento translúcido suele ser necesario para difundir la luz solar directa y ampliar la distribución de la luz natural interior para cubrir un área más grande, evitando que los patrones de luz solar brillante golpeen las tareas o las superficies vecinas. En los espacios públicos se aceptan tanto acristalamientos transparentes como translúcidos. Sin embargo, áreas muy grandes de acristalamiento translúcido por sí solas pueden hacer que un espacio adquiera la apariencia no deseada de un día nublado en ausencia de sombras fuertes y luces direccionales. Grandes áreas también pueden ser extremadamente brillantes cuando están iluminadas por la luz del sol. Los patrones dinámicos de luz solar proporcionados por el acristalamiento transparente suelen ser deseables en estos espacios, ya que proporcionan una conexión con el exterior y añaden interés visual. El brillo y el dramatismo que proporciona la luz solar directa es posible si sólo una pequeña fracción del área total del tragaluz (como el 10%) es transparente. Los atrios, vestíbulos, centros comerciales, aeropuertos y otros espacios grandes a menudo incluyen acristalamiento transparente tintado en los tragaluces que tiene una transmitancia reducida y un SHGC más bajo para mejorar el confort visual y la eficiencia energética. Cuando se aplican tragaluces transparentes, puede ser necesario un diseño cuidadoso o un tratamiento especial para proteger las áreas de trabajo, como áreas de mostradores, mostradores de información y mostradores de recepción, de la luz solar directa para crear condiciones de trabajo cómodas. Los tragaluces transparentes y translúcidos se diferencian por su impacto térmico. Es probable que se produzca ganancia de calor asociada con el acristalamiento transparente en áreas iluminadas por el haz de luz solar, lo que puede provocar malestar térmico. El acristalamiento translúcido dispersa la luz del día y otras radiaciones en un área mucho más amplia, de modo que los ocupantes pueden sentir poco o ningún impacto térmico.

FORMA Y TAMAÑO DEL POZO

En espacios con una cámara de cielorraso, la forma y el tamaño del pozo, junto con el material de acristalamiento, determinan tanto la eficiencia del sistema como la distribución de la luz natural dentro de un espacio. Los pozos altos y verticales enfocan la luz del día hacia abajo en lugar de en ángulos más amplios, lo que requiere un espacio más corto entre los tragaluces para lograr la uniformidad del plano de trabajo. También se pierde más luz natural dentro del pozo debido a la absorción. Extender los lados de un pozo puede mejorar significativamente la eficiencia de un tragaluz y también ampliar la distribución de la luz natural, como se muestra en las Figuras 14.27 y 14.28. Se deben considerar los pozos ensanchados cuando un tragaluz debe atravesar una cámara de techo relativamente profunda. Las eficiencias de los pozos se pueden determinar utilizando la Figura F14.1 para pozos verticales y las ecuaciones en 14.18.1.13 Eficiencia de pozos extendidos para pozos extendidos [45].

ESPACIADO DE TRAGALUCES

El espaciado de tragaluces debe seleccionarse para proporcionar la uniformidad deseada de iluminancia o luminancia dentro de un espacio o a través de una superficie. Situaciones especiales, como almacenes con pasillos altos, pueden requerir un análisis detallado para determinar las condiciones de espaciado óptimas para un sistema de claraboyas. En grandes espacios abiertos, la separación máxima para los tragaluces oscila entre 1,0 y más de 1,5 veces la altura del techo sobre el plano de trabajo, dependiendo de la geometría del pozo. Los pozos extendidos y los pozos poco profundos permiten mayores distancias de espaciamiento de lo que son posibles con pozos verticales profundos. Se pueden utilizar modelos informáticos simples para evaluar el espaciamiento adecuado para una geometría de pozo determinada.

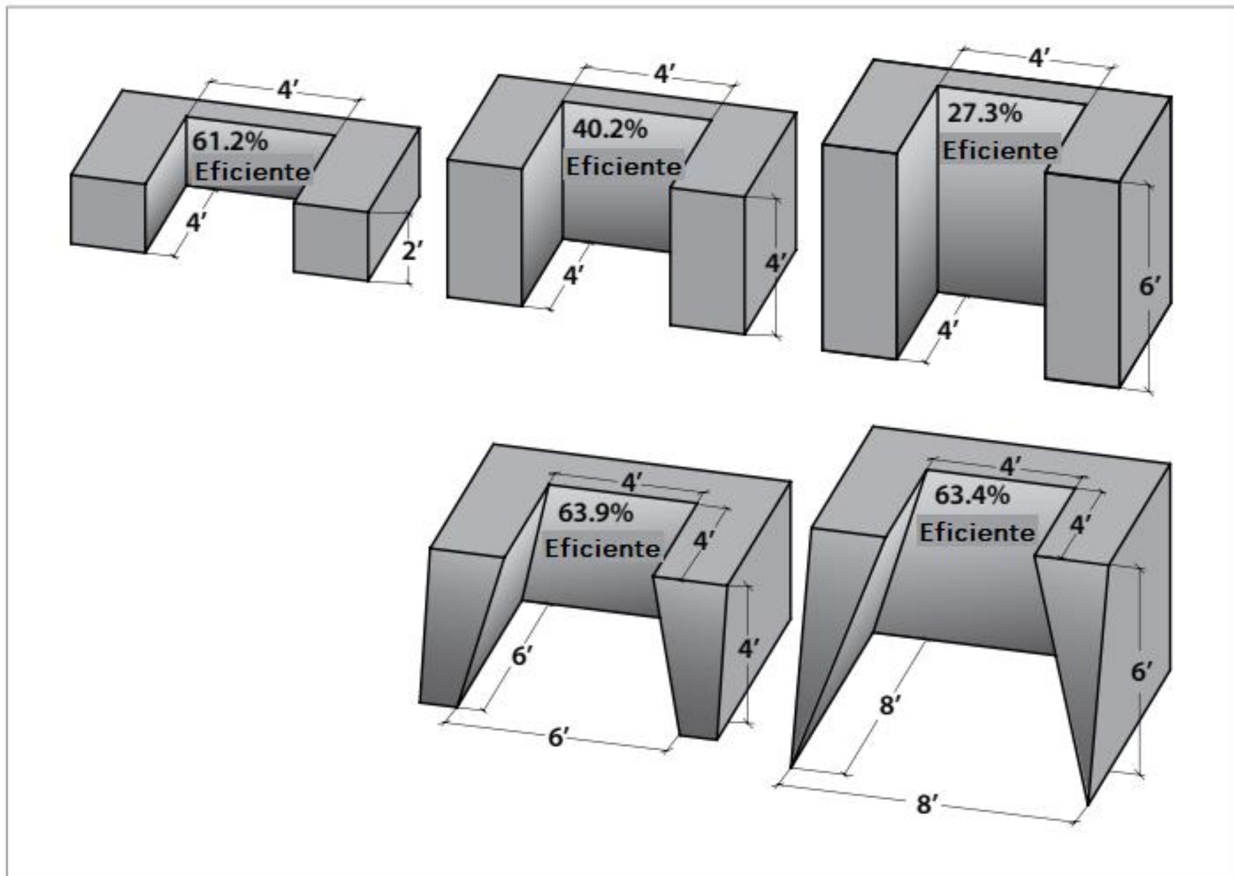


FIGURA 14.27 | CLARABOYAS ABOCINADAS

La ampliación de una claraboya puede aumentar significativamente la eficiencia del pozo, es decir, la cantidad de luz que pasa a través del pozo.

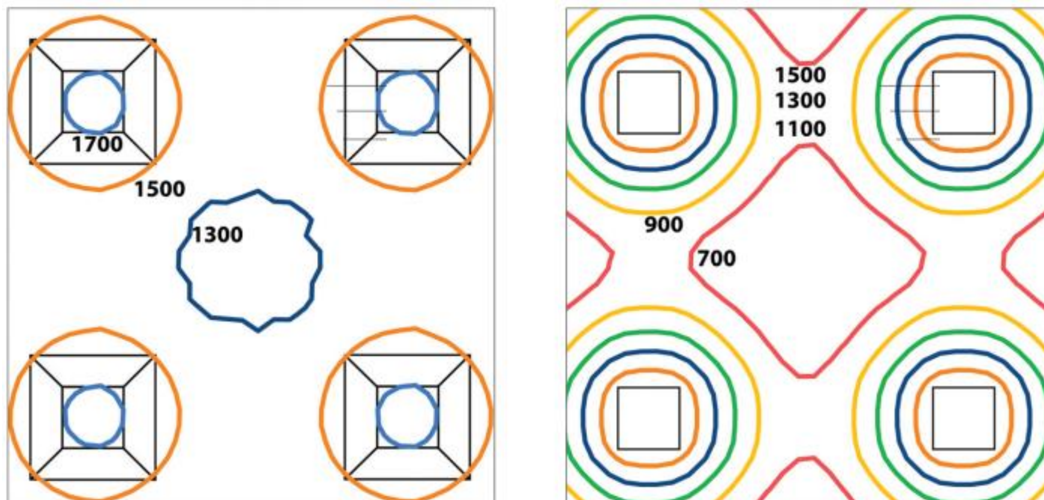


FIGURA 14.28 | RENDIMIENTO DEL POZO

La uniformidad de la iluminancia del plano de trabajo mejora significativamente cuando un pozo está ensanchado, como se muestra en estas dos imágenes de contorno. El área del tragaluz es la misma tanto para el diseño de pozo abocinado como para el vertical. El espacio entre tragaluces es el doble de la altura hasta el fondo del pozo. La altura del pozo es igual al ancho del tragaluz. El borde inferior del pozo abocinado es dos veces más ancho que la abertura del tragaluz.



FIGURA 14.29 | UN TRAGALUZ CON REFLECTORES DE SEGUIMIENTO DE LA LUZ SOLAR

Los reflectores en ángulo de este tragaluz de seguimiento solar giran para redirigir la luz solar hacia un material de lente difusora, aumentando la cantidad de luz diurna entregada en ángulos solares bajos.

» Imagen ©Solar Tracking Skylights, Inc.

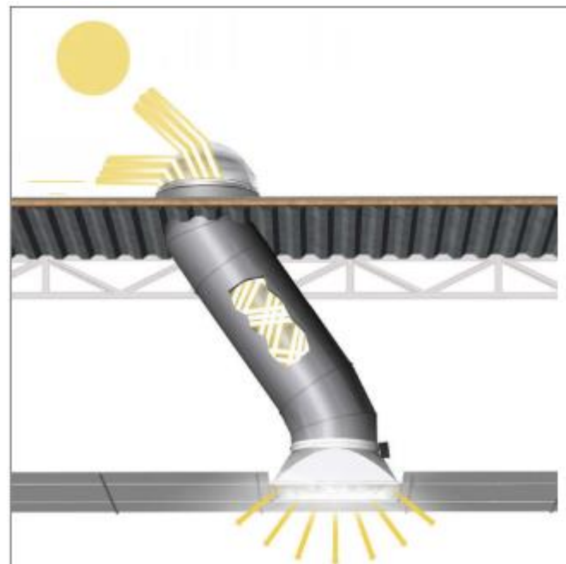


FIGURA 14.30 | UN SISTEMA DE CLARABOYA TUBULAR

El colector de luz solar aplica prismas o un reflector para redirigir la luz solar hacia un tubo especular de alta reflectancia que termina en una lente u otro dispositivo óptico.

» Imagen ©Solatube Internacional

SISTEMAS ÓPTICOS AVANZADOS PARA TRAGALUCES

Los reflectores de seguimiento de la luz solar y los dispositivos de protección redirigen más luz natural hacia la abertura del tragaluz, particularmente cuando el sol está bajo en el cielo, o protegen la abertura del tragaluz de la luz solar directa para evitar la iluminación excesiva del interior del edificio en condiciones de alta energía solar en ángulos de altitud. En latitudes más altas, el sol está relativamente bajo en el cielo (menos de 30 a 40 grados) durante gran parte del año. Un reflector que se extiende por encima de la línea del techo puede capturar más luz natural que la que se produciría con un tragaluz plano o en forma de cúpula simple. La luz diurna que se emite en diferentes horas del día, así como en diferentes estaciones del año, es más consistente con los dispositivos de redireccionamiento de luz. Consulte la Figura 14.29 para ver un ejemplo de un tragaluz con reflectores integrados que giran dentro del tragaluz mientras sigue al sol.

14.7.2.2 Tragaluces tubulares Los tragaluces tubulares, a veces denominados dispositivos tubulares de luz diurna o tuberías de luz solar, involucran tubos de metal especular de alta reflectancia que actúan como tuberías ópticas para transferir la luz solar desde un colector de techo a un espacio debajo, como se muestra en la Figura 14.30. Las secciones ópticas del tubo son redondas y están provistas de una lente en la parte inferior, adquiriendo la apariencia de una luminaria dentro del espacio. La apertura con lente en el plano del techo amplía la distribución de la luz natural y sella el interior de las tuberías. El dispositivo de techo consta de un reflector y/o refractor que recoge la luz solar y, en menor medida, la luz del cielo. Dado que estas tuberías dependen principalmente de la luz solar, estos sistemas son más efectivos en climas donde los cielos despejados son abundantes y están presentes durante largos períodos de tiempo, ya que la obstrucción repentina del sol por una nube dará como resultado una reducción abrupta en la cantidad de luz diurna entregada. Algunos sistemas ofrecen la opción de colocar una fuente de luz eléctrica dentro del tubo, pero no proporcionan iluminación eléctrica altamente eficiente y obstruyen una parte de la luz natural dentro del tubo. Los tragaluces tubulares se utilizan a menudo en residencias, pero también se han aplicado en escuelas, almacenes, comercios minoristas y oficinas.

14.7.2.3 MONITORES DE TECHO

Los monitores de techo consisten en secciones de cielorraso elevadas con aberturas de luz natural inclinadas o verticales a lo largo de la línea donde se eleva el cielorraso (consulte la Figura 14.31). El acristalamiento puede ser translúcido o transparente; el acristalamiento transparente se usa comúnmente en una exposición orientada al norte para maximizar la transmisión de la luz natural. Se prefiere el acristalamiento translúcido para los monitores orientados al sur. Una serie de triforios, con un cielorraso/techo inclinado entre estas secciones de acristalamiento vertical, se conoce como configuración en dientes de sierra y era un sistema de iluminación natural común en las fábricas a principios del siglo XX. Otra opción para los monitores de techo orientados al sur es aplicar vidrio transparente con deflectores verticales espaciados dentro del pozo para evitar la penetración directa de la luz solar al espacio de abajo (Figura 14.32).

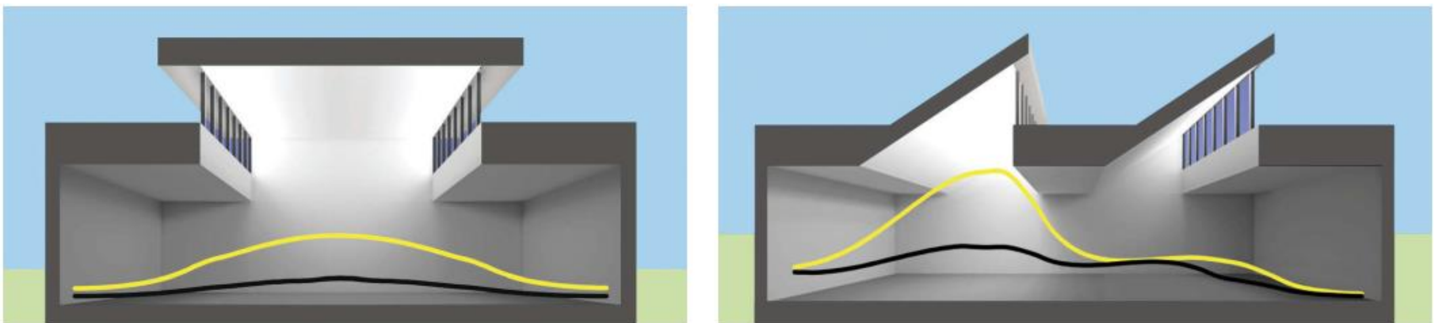


FIGURA 14.31 | ESTUDIO DE MONITOR DE TECHO

Un monitor de techo elevado estándar (izquierda) y una disposición en forma de diente de sierra orientada al norte (derecha). La distribución de iluminancia bajo un cielo despejado (amarillo) y nublado (negro) se muestra para el 21 de marzo al mediodía. El techo reflectante del 60 % en este ejemplo contribuye a la contribución de la luz natural, especialmente bajo cielos despejados. En el diseño de dientes de sierra, el monitor izquierdo produce una mayor iluminancia en el plano de trabajo debido al reflejo añadido del techo inclinado del monitor adyacente, que mira al sol.



FIGURA 14.32 | DEFLECTORES QUE BLOQUEAN LA LUZ SOLAR

Los deflectores fijos en un gran triforio orientado al sur ubicado en el centro dentro de un salón de clases bloquean la luz solar directa que penetra el vidrio transparente, proporcionando iluminación natural difusa para los espacios de abajo.

» Imagen ©Innovative Design

14.8 DISPOSITIVOS DE SOMBREADO EXTERIOR

En edificios comerciales como oficinas y escuelas, los espacios deben enfriarse muchos días del año. Para minimizar la carga de refrigeración, es fundamental controlar la ganancia solar a través de aberturas de luz natural (ventanas y tragaluces). La mejor manera de lograr esto es evitando que la luz solar directa incida sobre la superficie del acristalamiento. La diferencia en la radiación incidente entre una fachada iluminada por el sol y una fachada sombreada puede llegar al 80%. Los beneficios adicionales del sombreado exterior incluyen una mayor comodidad visual al eliminar la penetración de la luz solar y extender el tiempo en el que la vista exterior no está obstruida por dispositivos de sombreado interior.



FIGURA 14.33 | DISPOSITIVOS DE SOMBREADO EXTERIOR

Los dispositivos de sombreado exterior pueden adoptar muchas formas diferentes. La imagen de la izquierda muestra elementos verticales que dan sombra a una fachada en ángulos de azimut de elevación solar más altos. La rejilla abierta en la imagen central transmite la luz del día y al mismo tiempo bloquea la luz solar directa. El sistema tipo toldo de la derecha se combina con la arquitectura y es eficaz para dar sombra a las ventanas, como se ve en las sombras del edificio.

» Imágenes izquierda y central © Construction Specialties, Inc.;
Imagen derecha ©Christopher Beland

Los enfoques para dar sombra a las ventanas para evitar la penetración de la luz solar incluyen:

• empotrar la ventana
• aplicar un saliente, que puede ser sólido o translúcido
• aplicar un estante de luz exterior, que sirve como saliente para la ventana que está debajo y redirige la luz del día a la ventana que está encima
• incorporar un brise soleil (alero o mampara de celosía) para dar sombra a una ventana.
• aplicar otros elementos de protección para bloquear la luz solar en ángulos clave.

En la Figura 14.33 se proporcionan algunos ejemplos de elementos de protección exterior. Al dimensionar un voladizo, la penetración de la luz solar se puede evaluar como se muestra en 14.9 Evaluación de la penetración de la luz solar. Tanto el ángulo del perfil solar, a_p, como el ángulo del azimut de elevación solar, a_z (el ángulo del sol con respecto a la orientación horizontal de la fachada) deben evaluarse al evaluar la penetración de la luz natural, como se muestra en la Figura 14.34. Consulte 7.1.5.3 Ángulos solares y 7.1.5.4 Ángulos solares relativos a una superficie vertical para obtener una descripción más detallada de estos ángulos.

La distancia que se extiende un voladizo desde un edificio determina el ángulo del perfil solar por encima del cual eliminará por completo los rayos solares. El ancho del voladizo a lo largo de un edificio también es importante, particularmente cuando el voladizo es para una sola ventana. En muchos casos, los voladizos están diseñados para ser tan anchos como la ventana y, por lo tanto, dan sombra completa a la ventana sólo cuando la posición del azimut del sol es perpendicular a la fachada. A medida que el ángulo de azimut de elevación solar (azimut solar relativo a la fachada) aumenta en cualquier dirección, la luz del sol pasa por debajo del voladizo y entra por la ventana (ver Figura 14.35). Dependiendo de la ubicación de las tareas interiores, esto puede hacer que los ocupantes apliquen dispositivos de protección interior con más frecuencia. Un problema similar puede ocurrir con los estantes de luz interiores, ya que la luz

ingresa a la ventana sobre el estante. Se pueden agregar elementos verticales para ampliar la gama de ángulos de azimut que están adecuadamente bloqueados, con ventanas empotradas que realizan una función similar.

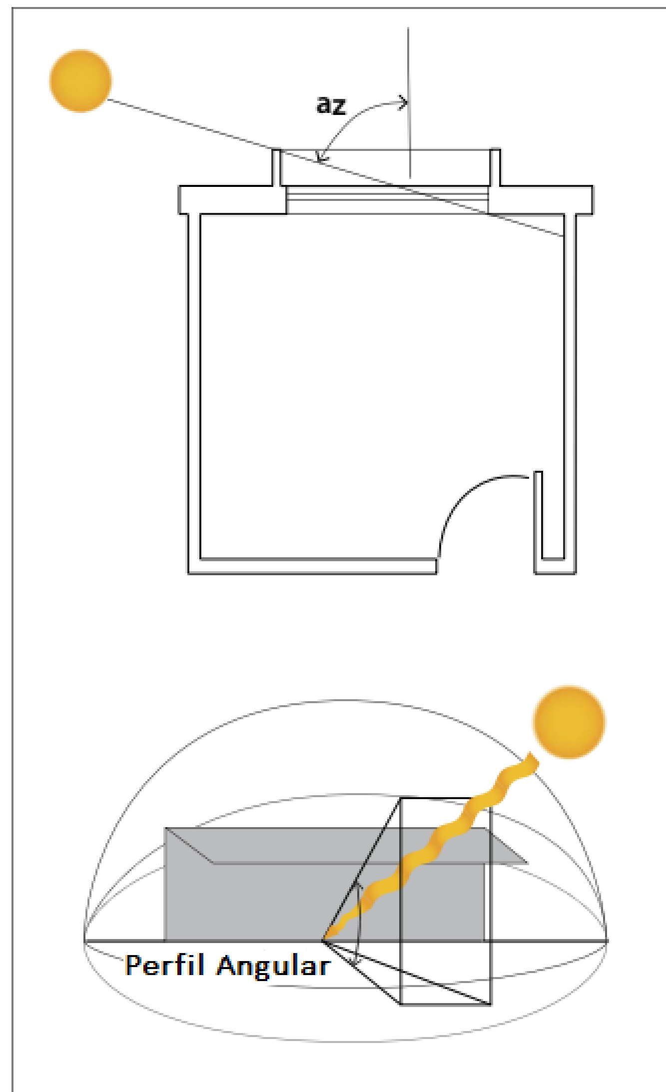


FIGURA 14.34 | ÁNGULOS DE LUZ SOLAR Y PENETRACIÓN DE LUZ NATURAL

Arriba: la vista en planta ilustra el corte de los ángulos de azimut de elevación solar elevados debido a la geometría de la ventana. Abajo: El ángulo del perfil solar determina la distancia de penetración en un plano vertical perpendicular a la fachada.

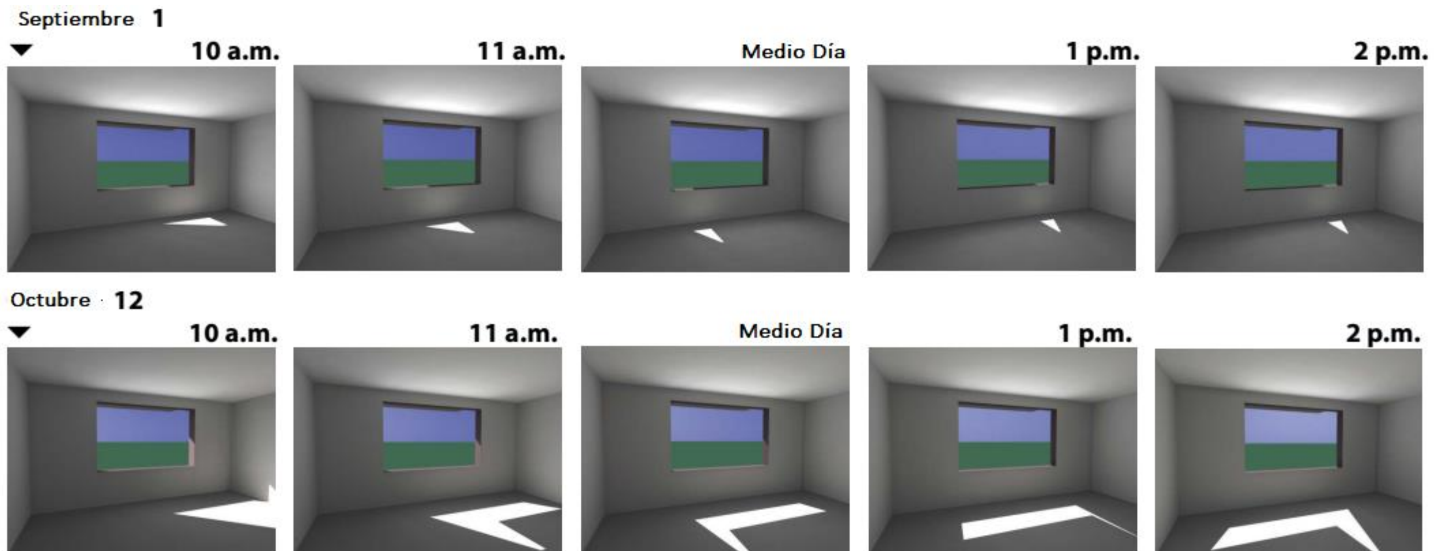


FIGURA 14.35 | PENETRACIÓN DE LA LUZ SOLAR DEBAJO DE UN ALERO
Estos ejemplos muestran la penetración de la luz solar debajo de un alero que es tan ancho como la ventana. El saliente se extiende cuatro pies desde una pared exterior de un pie de espesor. La luz del sol pasa por debajo del costado del saliente el 1 de septiembre, donde un saliente continuo no permitiría que la noche entrara en el espacio. En la fecha posterior del 12 de octubre, la penetración de la luz solar debajo del costado del saliente permite que la luz del sol penetre más de lo que lo haría con un saliente más ancho o continuo. La 1 p.m. La hora es aproximadamente el mediodía solar debido al horario de verano. La posición del sitio es 40N y la ventana mira hacia el sur.

14.9 DISPOSITIVOS DE SOMBREADO INTERIOR

En la mayoría de las ventanas de espacios de trabajo como oficinas o aulas se aplican dispositivos de sombreado, como persianas de listones horizontales o verticales, cortinas translúcidas o cortinas. Los ocupantes operan estos dispositivos en respuesta a la luz del día para impedir que la luz solar directa ingrese a un espacio y aliviar el deslumbramiento, o para reducir los niveles de luz del día que son excesivos o incómodos. Otros usos son la moda, la privacidad y la seguridad. Actualmente se encuentran disponibles comercialmente sistemas de sombreado automático para optimizar la iluminación interior, el confort visual y el ahorro de energía [46].
Algunos dispositivos de protección interior son fijos, como un estante de luz (consulte 14.7.1.2 Sistemas de estantes de luz). Incluso en un sistema de ventanas con protección exterior, como un alero, la luz solar directa entrará en ángulos de altitud solar bajos y requerirá protección interior. Esto es cierto en las exposiciones del Este temprano en el día, en las exposiciones del Oeste al final del día y en las exposiciones del Sur durante el invierno en latitudes medias y altas.
Cuando se requiere un oscurecimiento significativo de la habitación, las ventanas suelen estar equipadas con un par de persianas, una para oscurecer y la otra para controlar la luz natural. También se pueden agregar tonos similares a los tragaluces.

14.9.1 PERSIANAS

Las persianas de listones ofrecen ajuste de ángulo para adaptarse a diferentes condiciones de luz natural y posiciones solares, manteniendo al mismo tiempo una visión limitada a través del espacio entre las persianas. Las persianas horizontales son más comunes que las verticales, y las persianas verticales se adaptan mejor a las exposiciones Este y Oeste de un edificio para abordar la luz solar de ángulo bajo que llega a una ventana desde ángulos de azimut de gran elevación (el acimut del sol en relación con la fachada). La superposición de la mayoría de las persianas es del orden del 15%, lo que permite que las persianas horizontales bloqueen ángulos de perfil superiores a 41 grados cuando se colocan en posición horizontal. La tabla 14.6 enumera los ángulos solares que están bloqueados por una variedad de diferentes

ángulos ciegos. Para persianas horizontales, el ángulo de bloqueo se aplica al ángulo del perfil solar mientras que para persianas horizontales es el ángulo de acimut de elevación solar. La luz natural puede atravesar las persianas con una atenuación mínima en los ángulos de entrada paralelos a las lamas de las persianas, y en otros ángulos entra por interreflexión y con una atenuación mayor. Cambiar el ángulo muerto a una posición más cerrada reduce la transmisión de luz natural y la luminosidad interior de las persianas, proporcionando control tanto de la luz natural como del deslumbramiento. El color ciego afecta la transmisión de la luz natural, la luminancia ciega y el color de la luz natural reflejada en un espacio. Hay persianas perforadas disponibles para mantener parte de la vista exterior incluso cuando las persianas están cerradas. Una de las desventajas de las persianas es la apariencia que tienen en un espacio o fachada con persianas colocadas en diferentes posiciones y orientaciones. También se encuentran disponibles productos especiales, como un juego dividido de persianas horizontales; las que están por encima de la altura de los ojos están configuradas para reflejar la luz del día hacia el cielorraso, mientras que las que están debajo se ajustan por separado y pueden tener diferentes propiedades de superficie.

Persianas o persianas horizontales en el exterior de un edificio protegen las ventanas de la luz solar directa.
Algunos modelos se pueden subir y bajar, mientras que otros están montados permanentemente en la parte delantera.
de la ventana y pueden simplemente girar. Estos sistemas son más populares en climas cálidos, donde las cargas de refrigeración son altas.

Ángulo Ciego (Grados)	ÁNGULO SOLAR BLOQUEADO (GRADOS)
0	41
10	35
20	29
30	23
40	16
50	9
60	0

CUADRO 14.6 | ÁNGULOS DE SOMBREADO PARA PERSIANAS

El ángulo de sombreado bloqueado por persianas con una superposición de lamas del 15%. El ángulo solar que figura en esta tabla es el ángulo de perfil, a_p, para persianas horizontales y el ángulo de elevación azimutal, a_z, para persianas verticales.

14.9.2 SONBREADORES DE TELA

Los sombreadores de tela se han vuelto cada vez más populares en los últimos años (ver Figura 14.36). Las características a considerar en su selección incluyen el color y el tejido de la tela. La mayoría de las cortinas tejidas contienen agujeros que cubren del 1 al 10% de la tela. Este porcentaje se conoce como factor de apertura. Para una visión directa, la luz solar directa se transmite sin obstáculos a través de estos orificios, pero depende del ángulo según el tejido de la tela. Los factores de apertura y los valores de transmitancia son para visualización directa. Además de transmitir la luz del día de forma especular a través de los agujeros, el propio material de la tela transmite y refleja la luz del día con una distribución cercana a lambertiana (difusa). Los colores más claros y los tejidos más finos producen luminancias interiores más altas en las telas que pueden causar molestias visuales. La contribución difusa a la transmitancia se puede aproximar restando el factor de apertura de la transmitancia de luz visible total proporcionada por el fabricante. Los fotosensores también se

pueden configurar para reducir los dispositivos de sombreado cuando la iluminancia de una ventana excede un cierto valor. Cuando no hay luz solar directa, un fotosensor apuntado por una ventana recibirá una lectura que corresponde aproximadamente a la luminancia promedio del ambiente exterior. Las luminancias más allá de una proporción particular, como la proporción de 1:10 para la luminancia de tarea a la de entorno lejano utilizada para iluminación eléctrica, se pueden utilizar para evaluar la necesidad de control del deslumbramiento [47] [48]. Sin embargo, con la iluminación natural, es probable que los ocupantes sean más tolerantes a luminancias exteriores más altas cuando están asociadas con una vista favorable. A veces se emplea el control automático de sombras para lograr una apariencia consistente y ordenada en toda la fachada.

Las cortinas enrollables de tela también se pueden configurar para variar la fracción de la ventana cubierta, normalmente operando desde la parte superior de la ventana hacia abajo. Tenga en cuenta que para una ventana con voladizo, las cortinas enrollables que funcionan hacia arriba desde abajo son más efectivas para maximizar la penetración de la luz natural, ya que la parte sombreada de una ventana puede permanecer sin obstrucciones. A diferencia de las persianas, los ocupantes no pueden ajustar la luminancia interior que presenta una persiana de tela cerrada, lo que hace que la selección adecuada del tejido y el color de la tela sea fundamental.

Una consideración estética potencialmente importante con las cortinas interiores es su efecto en la vista. Para cortinas de tela, los colores más claros minimizarán la calidad de la vista disponible a través de los agujeros. La tela de color oscuro mejora la visión a través de la tela, pero absorbe tanto la energía solar como la luz del día, aumentando la ganancia solar y limitando la transmisión de la luz del día. Las telas de colores claros proporcionan mayores reducciones proporcionales en la ganancia de calor cuando se aplican con materiales de acristalamiento con alto contenido de SHGC, y menos con acristalamientos espectralmente selectivos de alto rendimiento. La apariencia exterior de las cortinas de tela también puede influir en la selección del color de la cortina y su funcionamiento, siendo más notoria una cortina de color más claro o una persiana que una más oscura. Algunos productos están disponibles con diferentes colores interiores y exteriores para ofrecer una apariencia preferida en ambos lados de la tela.

Es posible que se requieran cortinas opacas en las ventanas para presentaciones audiovisuales. Estos vienen en una amplia variedad de colores y, para máxima efectividad, emplean carriles laterales para eliminar la penetración de la luz natural a lo largo del borde exterior de las persianas. También se encuentran disponibles cortinas de tela y persianas ajustables para controlar la luz del día desde los tragaluces.

14.9.3 CONTROL DE LOS DISPOSITIVOS DE SOMBREADO POR PARTE DE LOS OCUPANTES

La mayoría de los dispositivos de sombreado interiores son controlados por los ocupantes, y el control se proporciona mediante un cable o un sistema motorizado. Los estudios han demostrado que los ocupantes comúnmente colocan las persianas en una posición que no requiere reajuste durante el día y las dejan en esta posición durante períodos prolongados [49] [50]. Otros estudios han demostrado que es más probable que los ocupantes se opongan a que se cierren las persianas o se les abran las persianas. Un estudio encontró que los ocupantes aceptan el cierre automático de sus persianas si la luz solar directa que incide sobre el plano de trabajo supera los 50 W/m2 o la iluminancia solar incidente supera los 50 klx [51]. Por debajo de estos niveles, los ocupantes a menudo anulaban un sistema de control automático de persianas que cerraba las persianas.

14.9.4 SISTEMAS DE SOMBREADO ESTÁTICOS

Algunos sistemas de sombreado constan de elementos arquitectónicos estáticos. Los estantes ligeros son un ejemplo de ello. Otra es la aplicación de deflectores en un tragaluz o en un triforio para bloquear la luz solar directa transmitida a través del acristalamiento transparente. Estos deflectores pueden ser opacos o translúcidos para reflejar y difundir la luz solar entrante. Su presencia reducirá los niveles de luz diurna en condiciones de cielo más difuso. Con acristalamiento vertical, un espaciado no uniforme de los deflectores optimiza el rendimiento, como se muestra en la Figura 14.37.



FIGURA 14.36 | CORTINAS ENROLLABLES DE TELA

En esta sala de conferencias se aplican dos capas de cortinas de tela: una tela de color claro con tejido abierto y una cortina opaca. El color de luz elegido para la pantalla opaca ayuda a reducir el contraste con las superficies vecinas. » Imagen ©MechoShade

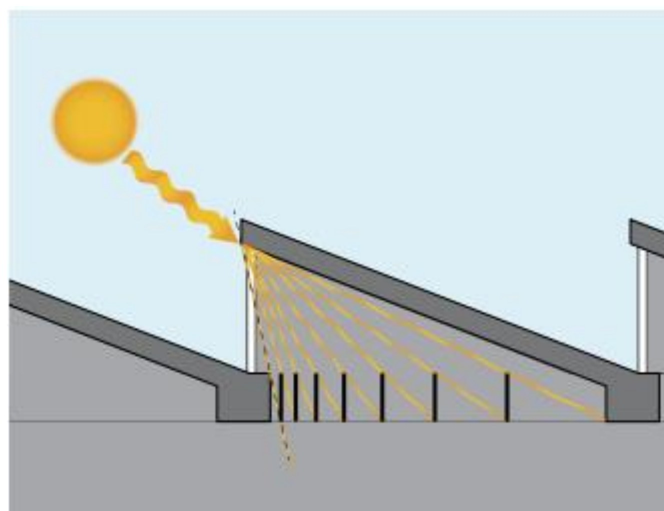


FIGURA 14.37 | DEFLECTORES DE TRIFORIO

La disposición de deflectores en un triforio orientado al sur con vidriado transparente para bloquear simplemente la luz solar directa da como resultado un espaciamiento variable entre deflectores [52]. El punto de control para este diseño es el borde de sombra del voladizo.



FIGURA 14.38 | PERSIANAS MOTORIZADAS EN UN MUSEO

Las rejillas automáticas mantienen niveles estables de iluminación interior con luz diurna.

Imagen © Construction Specialties, Inc.

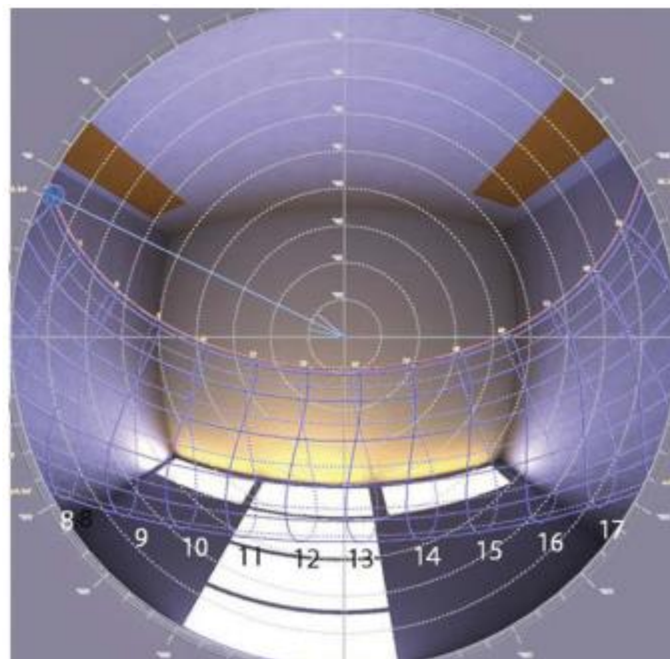


FIGURA 14.39 | VISTA DE OJO DE PEZ CON SUPERPOSICIÓN DE TRAYECTORIA SOLAR

Este formato se puede utilizar para determinar la exposición directa a la luz solar que recibirá un punto a lo largo del año. Cuando se construye a partir de dos imágenes diferentes, se debe utilizar el mismo modo de proyección tanto para la imagen de la habitación como para los ángulos solares.

14.9.5 SISTEMAS DE SOMBREADO AUTOMATIZADOS

Comúnmente se emplean deflectores, persianas u otros dispositivos ajustables automatizados en los tragaluces de los museos, donde es necesario un control cuidadoso de la luz natural para mantener niveles de iluminancia bajos y constantes en los artefactos expuestos (consulte la Figura 14.38). El control automatizado de cortinas y persianas también está disponible para aplicaciones de ventanas. La mayoría de estos sistemas controlan persianas de tela, mientras que otros controlan persianas o persianas interiores o exteriores. Los sensores pueden actuar para cerrar persianas o cortinas cuando la luminancia promedio vista a través de una ventana excede un valor prescrito, o cuando la luz solar directa que incide sobre una fachada está por debajo de un ángulo determinado. Los modelos informáticos del edificio y del lugar pueden evaluar la posición solar y el patrón de sombra en un edificio y luego controlar los dispositivos de protección en consecuencia. La ventaja del control automático es que las cortinas se retraen con más frecuencia de lo que ocurriría con el control de los ocupantes (consulte 14.9.3 Control de los dispositivos de cortinas por parte de los ocupantes). El control automático de sombreado se adapta mejor a las fachadas este y oeste, donde es probable que la luz del sol incida en la fachada durante la mitad del día y no se requieren dispositivos de sombreado durante la otra mitad.

14.10 EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DE LA LUZ SOLAR

Un paso crítico en el diseño de la mayoría de los edificios con iluminación natural es el desarrollo de una estrategia de control solar y de luz natural para los distintos espacios y aberturas. En los espacios de trabajo y en otros lugares donde se realizan tareas visuales importantes, la luz solar directa no debe penetrar más que una corta distancia en un espacio y los patrones de luz solar deben eliminarse del campo de visión general del ocupante para proporcionar condiciones de trabajo y visualización cómodas. Las pautas de iluminación de oficinas recomiendan una relación de luminancia entre la tarea y el fondo distante de 1:10, que se supera fácilmente en superficies iluminadas por el sol. Las aperturas de luz natural deben estar dentro de una proporción de 1:20 para la vista al exterior. La penetración de la luz solar se puede evaluar utilizando una herramienta CAD (hay muchas herramientas de este tipo ahora disponibles), un modelo a escala física (consulte 14.16.4.1 Modelos de masa) o mediante simples cálculos manuales. La Figura 14.39 ilustra un enfoque que superpone la trayectoria del sol en una vista de ojo de pez desde una ubicación de tarea importante. Con un diagrama de este tipo, es fácil evaluar cuándo y durante cuánto tiempo la luz del sol penetrará e iluminará el punto si no se aplica protección en la ventana. El ejemplo de la Figura 14.40 ilustra un enfoque gráfico manual para evaluar las épocas del año en las que el ángulo del perfil solar está por debajo del proporcionado por un dispositivo de protección particular, como un voladizo. De manera similar, este enfoque proporciona información para todos los días del año en un solo gráfico y no requiere una costosa herramienta CAD. Para realizar un estudio de este tipo, complete los siguientes pasos:

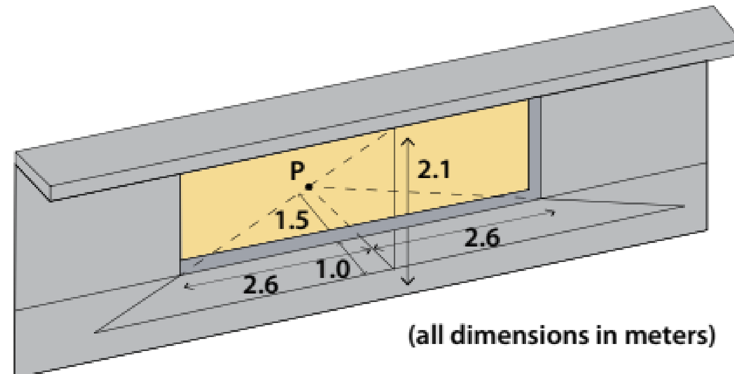


FIGURA 14.40 | EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DE LA LUZ SOLAR EN UN PUNTO A TRAVÉS DE UNA ABERTURA DE LUZ NATURAL

Considere el punto P en el dibujo de la derecha con la fachada orientada 30 grados al oeste del sur a una latitud de 30 N. Para determinar las posiciones solares que estarán dentro de los límites presentados por la extensión de la ventana y el voladizo, calcule el ángulo del perfil hasta el borde exterior del voladizo y el ángulo de azimut de elevación solar hasta el borde vertical exterior de la ventana.

La altura hasta el voladizo dividida por la distancia perpendicular al borde de sombra desde el punto P es igual a 0,84 (2,1/2,5). Usando la figura 14.42 o la ecuación 7.10, la luz solar con un ángulo de perfil de 40 grados o menos puede incidir en ese punto.

De manera similar, dado que la distancia a cada lado de la ventana dividida por la distancia perpendicular al borde exterior de la ventana es 1,73 (2,6/1,5), el ángulo de corte del azimut es de 60 grados a cada lado de la orientación de la fachada. Dado que el azimut de elevación de la fachada es de 30 grados, los límites del azimut solar para la penetración hasta el punto P son -30 y 90 grados.

Superponiendo la Figura 14.41 a la Figura 7.8, y utilizando estos ángulos como límites para las posiciones solares que son visibles desde el punto P, el área sombreada en amarillo en el gráfico de abajo a la derecha resalta aquellas posiciones solares y épocas del año en las que el punto P estará iluminado por Luz solar directa.

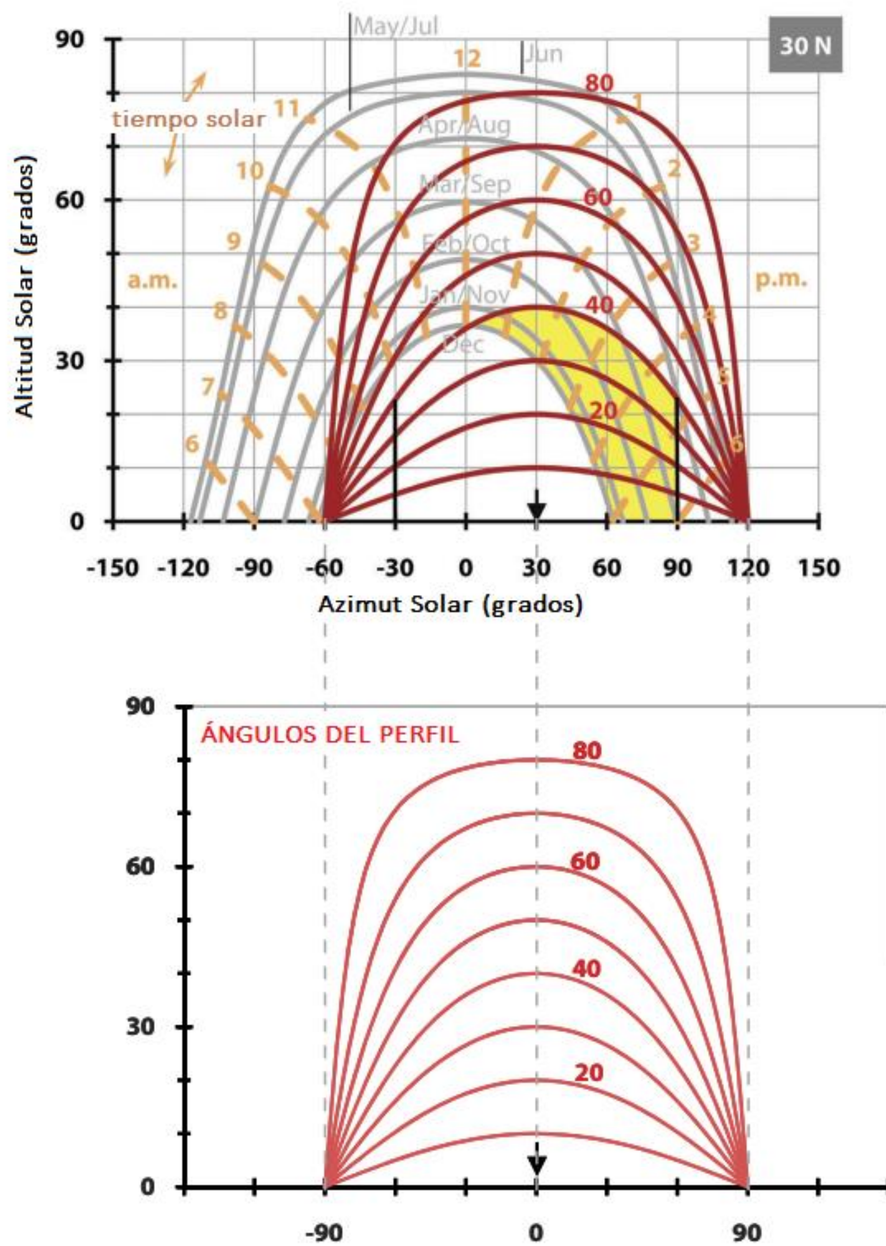


FIGURA 14.41 | SUPERPOSICIÓN DEL PERFIL SOLAR

Este gráfico se puede superponer a uno de los diagramas de trayectoria solar proporcionados en la Figura 7.8, con la flecha alineada con la dirección del acimut de elevación para determinar el ángulo del perfil solar de cualquier posición del sol durante el año en relación con esa fachada.

1. Copie la Figura 14.41 en una transparencia de diapositiva clara.

2. Determine el ángulo del perfil y los ángulos de acimut de elevación solar por debajo de los cuales se producirá la penetración de la luz solar en las direcciones vertical y horizontal utilizando la Figura 14.42 basándose en la geometría del sistema de apertura y sombreado.

3. Superponga la transparencia en el gráfico de trayectoria solar apropiado (Figura 7.8 | Posición solar) con la flecha alineada con la dirección polar de la brújula de las fachadas, como se muestra en el ejemplo detallado proporcionado en la Figura 14.40.

4. Tenga en cuenta las posiciones solares y las épocas del año que caen por debajo del ángulo de perfil crítico y dentro de los ángulos de azimut que permiten que la luz del sol pase a través de la abertura de la ventana.

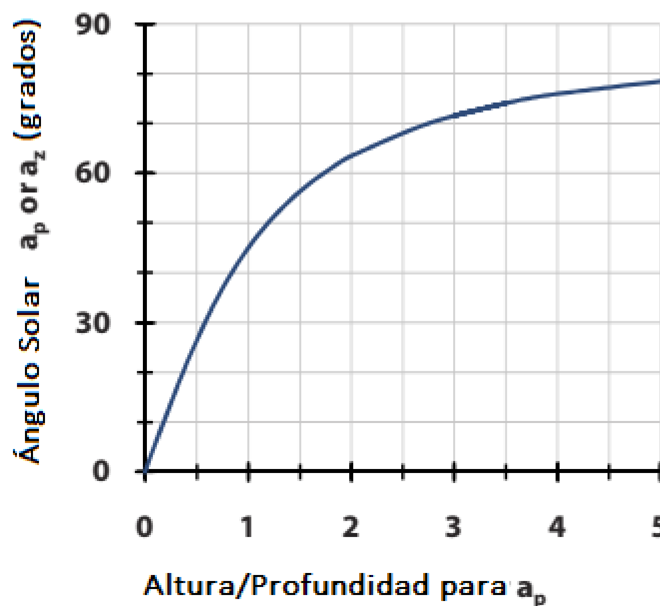


FIGURA 14.42 | ÁNGULOS SOLARES CON RESPECTO A LAS OBSTRUCCIONES
Ángulo de perfil o ángulo de azimut de elevación correspondiente a una determinada altura o relación ancho-profundidad de una obstrucción (ver ejemplo en la Figura 14.40).

14.11 EVALUACIÓN DEL CONFORT VISUAL

El confort visual proporcionado por los sistemas de iluminación eléctrica se puede calcular para una gama limitada de sistemas de iluminación utilizando VCP y UGR (consulte 4.10 Deslumbramiento y 10.9.2 Cálculo de deslumbramiento). El deslumbramiento causado por un sistema de iluminación natural es más difícil de evaluar debido a las condiciones cambiantes de la luz natural. La fórmula del índice de deslumbramiento molesto (DGI) se adaptó a fuentes de áreas grandes y se aplicó a la iluminación natural con el observador normalmente de cara a la abertura de luz natural. Orientar al observador paralelo a la pared de una ventana proporcionará en la mayoría de los casos una condición de deslumbramiento aceptable cuando el índice de deslumbramiento frente a la ventana es inaceptable.

Una métrica de probabilidad de deslumbramiento diurno (DGP) que se ha introducido recientemente puede proporcionar una mejor correlación con la respuesta de los sujetos humanos. Esta métrica necesita más estudios, pero está disponible en software para estudiar el deslumbramiento del sistema de luz diurna.

14.12 INTEGRACIÓN CON MUEBLES

En espacios de trabajo como oficinas y aulas, tanto el mobiliario como su distribución deben coordinarse con el diseño de iluminación natural para maximizar tanto la distribución de la luz natural como la calidad del entorno visual. Los muebles de colores claros ayudarán a mantener niveles más altos de luz natural mediante la interreflexión. En las oficinas, las alturas de mampara más bajas, así como las mamparas de cristal, ayudan a mejorar la penetración de la luz natural y el acceso a la vista, mientras que las mamparas altas bloquean la luz natural. La integración del diseño debe considerar los efectos de alturas de partición más bajas sobre la privacidad acústica. En general, la posición de visualización preferida es paralela a una ventana, lo que permite que la luz del día llegue a la tarea desde un lado mientras se mantiene la alta luminosidad de la ventana en la periferia. Al mirar hacia una ventana, una persona estará expuesta a relaciones de luminancia excesivas, mientras que si los monitores de computadora miran hacia la ventana, exhibirán reflejos (reflejos velados). Las oficinas de esquina con ventanas en dos paredes no pueden satisfacer ambas condiciones, por lo que los dispositivos de protección de ventanas interiores son la solución. En un aula se deben evitar los reflejos de las ventanas en los monitores de ordenador y en las pizarras blancas. En las oficinas abiertas, a menudo se ubica un pasillo a lo largo de la pared de la ventana, lo que permite levantar las persianas o cortinas durante períodos de tiempo más largos, ya que la luz solar entrante no incidirá en las superficies de trabajo, excepto posiblemente en ángulos de sol muy bajos.

En espacios donde la atención de los ocupantes se centra en una dirección, como en un espacio de culto, sala de conferencias o sala de lectura, colocar aberturas de luz natural (transparentes o translúcidas) detrás del orador perfilará o iluminará fuertemente al orador y puede crear un deslumbramiento velado y/o incómodo, lo que resulta en condiciones de visualización deficientes e incómodas.

14.13 DEGRADACIÓN DEL MATERIAL

El daño potencial que la luz del día puede causar a materiales sensibles es una preocupación en museos, tiendas y otros espacios. La decoloración y el blanqueamiento son causados por las porciones ultravioleta, visible e infrarroja del espectro. Debido a que los espacios con iluminación natural generalmente tienen niveles de iluminancia más altos, es lógico que los materiales sensibles en espacios con iluminación natural tengan más probabilidades de sufrir decoloración y blanqueamiento. Los productos de las tiendas colocados en escaparates exteriores están expuestos a niveles muy altos de luz natural y, por lo tanto, sujetos a decoloración si se les permite permanecer allí durante un período prolongado, especialmente si las ventanas transmiten altas fracciones de la porción UV del espectro. En los museos, la exposición a la luz se cuantifica en términos de horas-lux (con filtros UV aplicados) y debe limitarse para proteger materiales dignos de conservación (ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE). Esta es la razón por la que los sistemas de iluminación natural de los museos suelen tener controles automatizados sofisticados para mantener los valores de luz natural interior en o por debajo de los valores objetivo especificados. Los rayos UV son una causa bien conocida de decoloración y se encuentran en niveles más altos con la luz del día que con la iluminación eléctrica (10 veces más que con la iluminación incandescente). La proporción de energía ultravioleta en comparación con la energía visible es casi el doble en tragaluces difusos que en la luz solar; sin embargo, la luz solar es generalmente más fuerte y, por lo tanto, proporciona una mayor exposición a los rayos ultravioleta cuando está presente. Los revestimientos sobre vidrio pueden reducir la transmisión de la radiación UV hasta en un 75%. Las películas absorbentes adicionales dentro del vidrio laminado pueden disminuir aún más la transmisión de rayos UV hasta un 1%. La decoloración y el blanqueamiento se analizan con más detalle en 13.10.1 Degradación de materiales orgánicos.

14.14 INTEGRACIÓN DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Al diseñar un sistema de iluminación eléctrica para un espacio con iluminación natural, el diseñador debe considerar cómo integrar mejor la luz eléctrica con la iluminación natural. La integración incluye la selección y disposición de un sistema

completo, incluidas lámparas, balastos, luminarias y controles. En los casos en los que se selecciona un enfoque de ambiente de tarea, la luz natural puede proporcionar iluminación ambiental a la habitación.

14.14.1 SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Algunas recomendaciones útiles relacionadas con la integración de un sistema de iluminación eléctrica con iluminación natural son las siguientes.

• Seleccione una distribución de luz eléctrica que se integre mejor con el sistema de suministro de luz natural y la geometría de la habitación. En un entorno de oficina, un sistema indirecto será menos perceptible cuando esté atenuado y ayudará a iluminar las superficies de la habitación dentro de la zona sin iluminación natural. Un sistema de iluminación empotrada proporciona una iluminación más localizada que puede diferenciar mejor las zonas de control de iluminación, pero dará como resultado un techo mucho más oscuro fuera de la zona de luz natural.

• Equilibrar las luminancias en todo el espacio. En espacios grandes con iluminación natural, iluminar la pared interior que da a una ventana ayuda a equilibrar el brillo de la superficie de la habitación. La iluminación indirecta del techo cumple una función similar.

• Proporcionar un diseño de luminaria y zonas de control que estén coordinadas con la zona de luz natural. Esto es válido independientemente de que se aplique o no un sistema de control de iluminación automatizado. Una fila de luminarias a lo largo de las ventanas se puede apagar manualmente durante las horas del día si se cuenta con un control de zona independiente.

• Seleccione una temperatura de color de lámpara que se integre bien con la luz del día y que al mismo tiempo satisfaga las necesidades del espacio. La luz del día es generalmente muy fría, con temperaturas de color de 5000 K y superiores. Sin embargo, las lámparas de 5000 K pueden ser inaceptablemente frías para las horas en las que no hay luz diurna en el interior de un edificio. Las lámparas de 3500 y 4100 K proporcionan una temperatura de color aceptable cuando se combinan con luz natural. 3000 K será notablemente más cálido que la luz del día, pero se puede seleccionar cuando se desea una temperatura de color cálida durante la noche. La luz del día al principio y al final del día es algo cálida y muchos creen que el interior debería reaccionar de manera similar.

14.14.2 CONTROLES

Para que un sistema de iluminación natural ahorre energía, la luz natural debe reemplazar la iluminación eléctrica durante las horas del día. Esto se logra cambiando o atenuando la iluminación eléctrica. El control de ocupantes puede proporcionar algunos ahorros cuando se proporciona un control personal flexible a través de conmutación multinivel, conmutación por zonas o atenuación; sin embargo, los ocupantes no se concentran en minimizar la energía de la iluminación eléctrica a medida que cambian las condiciones de luz natural. Es probable que el control personal ahorre energía cuando el ocupante se ve obligado a seleccionar una configuración de salida adecuada al ingresar a un espacio, en lugar de encender todas las luces mediante un solo interruptor. Un sistema de control automático de iluminación garantiza que se producirá un ahorro de energía en iluminación cuando haya luz natural. Se puede utilizar una señal de fotosensor para ajustar la iluminación eléctrica monitoreando los niveles de luz natural exterior, la cantidad de luz natural que pasa a través de una abertura o la combinación de luz natural y eléctrica dentro de un espacio (consulte 16.3.5 Fotosensores). Para un funcionamiento adecuado, un sistema de control de fotosensor debe diseñarse y calibrarse adecuadamente. Esto incluye establecer una zona de iluminación controlada que se correlacione con el área de iluminación natural, luego seleccionar, ubicar y calibrar el fotosensor para detectar con precisión los niveles de luz natural y atenuar o cambiar el sistema de iluminación eléctrica en consecuencia. La zona de iluminación natural debe recibir niveles de luz natural que generen ahorros significativos en energía de iluminación eléctrica. Se requieren niveles de luz natural más altos con la conmutación basada en fotosensores en comparación con la atenuación. Las anulaciones de los

ocupantes son importantes para lograr la satisfacción del usuario, y algunos sistemas avanzados tienen la capacidad de ajustar el control según las preferencias de los usuarios.

Los detalles sobre la selección y el diseño de sistemas de control de fotosensores automatizados se proporcionan en la Sección 15.9 Controles de fotosensores.

14.15 ENERGÍA

La iluminación natural tiene el potencial de ahorrar energía en los edificios; sin embargo, un sistema de suministro de luz natural debe configurarse adecuadamente para lograr estos ahorros. Cuando se agregan tragaluces a espacios acondicionados, la reducción de iluminación eléctrica debe ser mayor que cualquier aumento de energía requerida para calentar o enfriar el edificio resultante de la adición de tragaluces. Esto requiere una selección adecuada del acristalamiento, el tamaño y la disposición del sistema de claraboya, así como un sistema de control de iluminación. Las propiedades del tragaluz (TV, SHGC y factor U) y la superficie total del acristalamiento son fundamentales. Con un diseño adecuado, los ahorros en iluminación superarán las pérdidas en HVAC. Con un diseño deficiente o un sistema de control deshabilitado, el uso de energía aumentará en comparación con un edificio sin claraboyas. Las simulaciones de carga anual de iluminación mecánica y eléctrica pueden garantizar que el diseño de tragaluz propuesto sea energéticamente eficiente.

En el caso de la luz natural proporcionada a través de ventanas, la evaluación energética no es tan sencilla, ya que es probable que las ventanas estén presentes independientemente de las intenciones del diseño de la luz natural. Un sistema bien diseñado con acristalamiento eficiente y dispositivos de sombreado exterior puede potencialmente ahorrar energía en iluminación, calefacción y refrigeración en comparación con ventanas que están al ras de la fachada. El modelado energético puede ayudar a optimizar un diseño y debe realizarse en una etapa temprana del proceso de diseño. El rendimiento de un sistema desde una perspectiva energética depende de la configuración de las aberturas de luz natural y los materiales utilizados, la eficiencia con la que se entrega y distribuye la luz natural en un espacio, el funcionamiento de los dispositivos de sombreado ajustables y, finalmente, de la reducción de energía lograda de la iluminación eléctrica. Un diseño desperdiciará energía si no se controla la iluminación eléctrica o si se proporciona demasiada luz natural, lo que resultará en una mayor ganancia de calor. Cada edificio o diseño es diferente, y la optimización de un diseño requiere la atención de todos los miembros del equipo de diseño y un estudio cuidadoso tanto de los niveles de luz natural como del consumo de energía. En algunos casos, las cargas de refrigeración de HVAC se pueden mitigar mediante la estratificación del aire dentro de un espacio. El calor de la luz solar que entra a través de un triforio o tragaluz y es absorbido por superficies muy por encima del espacio ocupado puede elevar las temperaturas dentro de los tragaluces. Permitiendo que el aire caliente permanezca allí en lugar de acondicionarlo puede ahorrar energía. La masa térmica también se puede utilizar para almacenar el calor de la luz solar admitida y así reducir la carga máxima de refrigeración.

14.16 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA LUZ NATURAL

14.16.1 MÉTRICAS DE RENDIMIENTO PARA ILUMINACIÓN NATURAL

Se han desarrollado una serie de métricas para evaluar el rendimiento de la iluminación natural. Hasta hace poco, el número y la utilidad de estas métricas eran bastante limitados. Un factor crítico fue el esfuerzo computacional necesario para evaluar la gran cantidad de horas de luz diurna experimentadas durante un año, considerando el edificio, el sitio, el tiempo y las condiciones climáticas. El método del coeficiente de luz diurna [53] [54], que vincula la iluminancia resultante (u otra medida fotométrica) en un punto interior con la luminancia de parches de cielo y posiciones de luz solar preestablecidos, se puede utilizar para evaluar rápidamente una gran cantidad de condiciones del cielo. El desempeño anual se puede evaluar utilizando una variedad de métricas diferentes.
La iluminación natural requiere un enfoque de análisis diferente al de la iluminación eléctrica. Para la iluminación eléctrica, la iluminancia promedio es significativa en espacios donde se desea una iluminancia uniforme. En el caso de la

iluminación natural, los promedios tienen poco significado y, de hecho, pueden ser engañosos. Una disposición uniforme de tragaluces es una situación de diseño en la que la luz natural se puede evaluar mediante la iluminancia promedio del plano de trabajo. Sin embargo, en el caso del acristalamiento vertical, la distribución de la iluminancia en el plano de trabajo no es uniforme, con valores significativamente más altos cerca de la ventana. Una iluminancia promedio en un espacio así tiene poco significado.

La luz del día también varía con el tiempo. En diferentes momentos del día o del año, y bajo diferentes condiciones del cielo, la iluminancia en un espacio variará. La iluminancia media durante un período de tiempo (un día, mes o año) proporciona poca información de valor. Las métricas anuales que han surgido recientemente consideran la agrupación de datos de rendimiento, como contar el número de horas o la frecuencia de ocurrencia de ciertas condiciones. Los resultados de este tipo pueden ofrecer una imagen más clara del rendimiento a lo largo del tiempo, así como del potencial de ahorro de energía.

Las métricas anuales abordan las condiciones dinámicas encontradas en un sitio a través de datos meteorológicos representativos de un TMY2 (año meteorológico típico) o EPW (EnergyPlus Weather) utilizados para análisis de carga de HVAC, calefacción y refrigeración. En la mayoría de los casos las distribuciones del cielo de Pérez (ver 7.1.6.1 Cielos de Pérez y CIE) se derivan de estos horarios de datos meteorológicos. Para modelar las condiciones del mundo real, las métricas anuales también deben considerar la configuración de los dispositivos de control de la luz natural, como persianas o cortinas. El rendimiento anual de un aula con iluminación lateral orientada al sur y sin voladizo sobreestimará significativamente el ahorro energético en iluminación si el espacio se analiza sin sombras interiores. El control de sombreado añade un nivel adicional de complejidad al análisis. Se proporciona más información sobre estrategias de control de sombreado en 14.9 Dispositivos de sombreado interior.

Al aplicar cualquiera de estas métricas anuales, una serie de factores afectarán los resultados. Primero, el lapso de tiempo aplicado al evaluar estas métricas es importante. Programas de ocupación más largos pueden aumentar el número de horas pero reducir la fracción o porcentaje de horas de funcionamiento cuando se cumple una condición de luz diurna particular. Es probable que las recomendaciones futuras de IES incluyan un período de tiempo estándar, como de 8 a. m. a 6 p. m., aunque en este momento no se ha establecido formalmente dicho intervalo. El funcionamiento de los dispositivos de sombreado interior también impactará los resultados obtenidos de las métricas anuales. Cuando las cortinas se emplean durante períodos de tiempo más prolongados, las métricas anuales que evalúan la iluminancia producirán valores más bajos. Si el sombreado está automatizado, la configuración debe basarse en el algoritmo de control real que se utilizará. El control de los ocupantes de los dispositivos de sombreado interiores ajustables es mucho más difícil de evaluar ya que algunos ocupantes prefieren una condición de sombreado estática, mientras que otros los operarán en respuesta a las condiciones externas. Por esta razón, la implementación de estas métricas en códigos y estándares debe establecer explícitamente los supuestos de modelado que se aplicarán al funcionamiento de los dispositivos de sombreado.

14.16.1.1 FACTOR DE LUZ NATURAL

Históricamente, la métrica de luz natural más aplicada ha sido el factor de luz natural (DF). El factor de luz diurna es la relación entre la iluminancia recibida en un punto interior y la iluminancia horizontal exterior producida por un cielo nublado. [55] [56]

$$DF = \frac{E_{int}}{E_{kh,oc}} \qquad (14.1)$$

Donde:

E_{int} = iluminancia interior en un punto
$E_{kh,oc}$ = iluminancia horizontal exterior de un cielo nublado

Dado que DF evalúa el rendimiento del sistema bajo un cielo nublado, es más efectivo en lugares donde el cielo está principalmente nublado. Durante muchos años, esta fue la métrica principal utilizada para evaluar y comparar los sistemas de suministro de luz natural. Se recomendó un factor de luz natural promedio en el rango del 2 al 5% para proporcionar niveles adecuados de luz natural en un clima nublado. La principal limitación de esta métrica es que dice poco sobre qué tan bien se desempeña un sistema en condiciones de cielo despejado o de otro tipo, y no proporciona información relacionada con el desempeño anual del sistema en un sitio en particular. Con un sistema de iluminación natural que aplica tragaluces en un lugar con cielos predominantemente despejados, un factor de iluminación natural cercano al 1% es más apropiado. Algunas herramientas de análisis de luz diurna también han aplicado factores de luz diurna para cielos despejados, principalmente para evaluar el desempeño a lo largo del año, pero esta es una aproximación aproximada que no aborda completamente toda la gama de condiciones del cielo experimentadas en un sitio. Las métricas de luz diurna anuales que aparecen a continuación proporcionan valiosa información detallada sobre el rendimiento del sistema durante un período prolongado con condiciones de cielo variables.

14.16.1.2 AUTONOMÍA DIURNA (DA)

La métrica anual más simple y más ampliamente aplicada es la autonomía diurna. Esta es una medida del porcentaje del período de funcionamiento (o número de horas) en el que se excede un nivel de luz diurna particular a lo largo del año [57]. Esta métrica se utiliza para abordar el rendimiento en puntos de análisis individuales, pero también se puede utilizar para evaluar la magnitud y la distribución general de la luz natural en un espacio. Debido a que la métrica cuenta sólo el momento en que se excede un valor objetivo, proporciona una medida de qué tan bien la luz del día puede reemplazar la iluminación eléctrica cuando la iluminación eléctrica se conmutará a través de un fotosensor, y puede usarse para evaluar la cobertura de luz del día general y la zona de control de iluminación en profundidad. La autonomía de luz natural también se puede utilizar para evaluar el número de horas o el porcentaje de horas en que se excede una condición particular, como la iluminancia de un artefacto en un museo.

14.16.1.3 AUTONOMÍA DE LUZ NATURAL CONTINUA (cDA)

Una versión modificada de DA, que se conoce como autonomía de luz natural continua, es más apropiada para la evaluación del rendimiento del sistema cuando el sistema de iluminación eléctrica está atenuado [57]. Con cDA, las horas en las que se logra parcialmente el valor objetivo reciben crédito parcial. Por ejemplo, si un espacio recibe 300 lux de luz natural durante un período de una hora cuando el objetivo es 500 lux, se acreditan 0,6 horas de cobertura. cDA debe correlacionarse bien con el potencial de ahorro de energía en iluminación de una zona de control de iluminación que aplica atenuación cuando se analiza en el punto de tarea crítica que se utilizará para calibrar el sistema de control de iluminación (consulte 16.3.5 Fotosensores).

14.16.1.4 AUTONOMÍA DE LUZ NATURAL ZONAL (zDA)

La autonomía de luz natural zonal (zDA) es una métrica para evaluar la suficiencia de luz natural en todo un espacio con un único valor. Este enfoque requiere que el diseñador defina primero los límites del espacio o área a analizar. Luego, se determina el número de horas que cada sensor alcanza o supera los 300 lux y luego se suma en todos los sensores. El total resultante luego se divide por el número total de sensores y el número de horas anuales consideradas para este análisis, lo que calcula efectivamente la fracción promedio de autonomía de luz diurna para el espacio definido. Los valores zDA más altos representan períodos más largos de luz diurna utilizable dentro y a través del espacio. Las investigaciones han sugerido que la aceptación nominal de la suficiencia de luz natural por parte de los ocupantes

comienza en zDA_{300} = 50% y la satisfacción aumenta proporcionalmente a medida que aumenta el valor. El límite superior factible para un análisis anual estándar de 10 horas diarias es cercano al 90 % para zDA_{300}.

14.16.1.5 AUTONOMÍA ESPACIAL DE LUZ NATURAL (SDA)

La autonomía espacial de luz natural también se puede utilizar para evaluar la cobertura de luz natural utilizando una métrica denominada autonomía espacial de luz natural (sDA). Esta métrica informa el porcentaje de sensores (o área del edificio) que alcanza un nivel mínimo de iluminancia de luz diurna (normalmente 300 lux) durante un porcentaje mínimo del año (tiempo) de análisis. Se recomienda que el componente de porcentaje de tiempo esté fijado al 50% del tiempo. Para este enfoque, cada punto sensor que alcanza al menos 300 lux durante al menos el 50 % del año de análisis contribuye al área que cumple con los criterios. Los puntos de sensor calificados no necesitan alcanzar 300 lux al mismo tiempo, sólo durante el mismo porcentaje del año. Este enfoque permite al diseñador trazar en un plano de planta isocontornos del porcentaje de tiempo que cada sensor alcanza este objetivo. Las investigaciones han sugerido que para una habitación determinada, los ocupantes consideran que los niveles de luz natural son nominalmente aceptables cuando sDA_{300}> 50%, y están progresivamente más satisfechos a medida que el área aumenta por encima del 75% hasta un límite superior factible de aproximadamente el 95%.

14.16.1.6 AUTONOMÍA TEMPORAL DE LUZ NATURAL (tDA)

La autonomía temporal de luz natural de un espacio es una estimación de la fracción de tiempo que se alcanza un nivel de iluminancia objetivo, como 300 lux, en más del 75% del espacio. El valor se calcula determinando el valor DA percentil del 25% en todos los puntos dentro de un espacio (este es el valor DA por debajo del cual se encuentran el 25% de los puntos de análisis). Dado que es posible que estos puntos no alcancen un valor de iluminancia particular al mismo tiempo, tDA_{300} difiere ligeramente de la fracción de tiempo en la que el 75% de los puntos alcanzan un valor objetivo particular simultáneamente.

14.16.1.7 ILUMINANCIA DIURNA ÚTIL (UDI)

Otra métrica propuesta es la iluminancia diurna útil [58]. Esta métrica recopila el número de horas de funcionamiento que caen en tres rangos de iluminancia diferentes en un punto de análisis (a menudo <100 lux, 100-2000 lux y >2000 lux). Se considera que hay luz natural útil cuando la iluminancia de luz natural está entre 100 y 2000 lux ($UDI_{100-2000}$). UDI<100 evalúa el número de horas con luz natural insuficiente, mientras que UDI>2000 considera la cantidad de horas con luz natural excesiva que probablemente aumentan las cargas de enfriamiento y brindan niveles más altos de deslumbramiento e incomodidad.

14.16.1.8 HORAS DE LUZ SOLAR DIRECTA

Otra medida útil es el número de horas en las que es probable que un punto de análisis particular reciba luz solar directa. Esta información indica el período de tiempo que pueden ser necesarios dispositivos de sombreado operativos y es útil para evaluar estrategias de sombreado exterior y soluciones de diseño para la penetración de la luz solar. También se deben considerar los datos meteorológicos del sitio y las estructuras vecinas. Una posible implementación de esta métrica implicaría un recuento del número de horas por año en que la luz solar directa sola (sin el cielo, el suelo o contribuciones interreflejadas) excede los 1000 lux según las distribuciones del cielo de Pérez basadas en los datos meteorológicos del sitio.

14.16.1.9 UNIFORMIDAD DE LA LUZ NATURAL

La uniformidad de la luz natural es casi imposible de lograr con iluminación lateral, pero puede ser relativamente fácil de lograr con una disposición uniforme de tragaluces. Métricas como de máximo a promedio y de máximo a mínimo pueden

resultar útiles en determinadas situaciones. Por ejemplo, la evaluación de máximo a promedio o de promedio a mínimo sería significativa en un espacio donde se desea una iluminación natural uniforme. Máx/mín podría usarse para evaluar el desempeño en un espacio que incluye iluminación eléctrica fuera de la zona de iluminación natural. El coeficiente de variación es otra métrica de uniformidad que se puede aplicar al estudio de sistemas de iluminación natural (consulte 4.12.4.4 Tareas de área para obtener más información).

14.16.2 APLICACIÓN DE MÉTRICAS ANUALES DE RENDIMIENTO DE LUZ NATURAL

Utilizando una o más de las métricas anuales de rendimiento de luz natural, un diseñador puede evaluar cómo se desempeña un sistema de iluminación natural durante un año típico en un sitio determinado. Para modelar las condiciones del mundo real, se debe considerar un modelo de espacio, un cronograma de ocupación y una estrategia de control de sombra adecuados. Consulte 14.9.3 Control de ocupantes de dispositivos de sombra para obtener información sobre cómo los usuarios aplican los dispositivos de sombra. Las estrategias automáticas de control de sombras también se pueden abordar en herramientas de software que aplican estas métricas. La Figura 14.43 proporciona una comparación de las métricas anteriores para un espacio de aula orientado al norte y al sur.

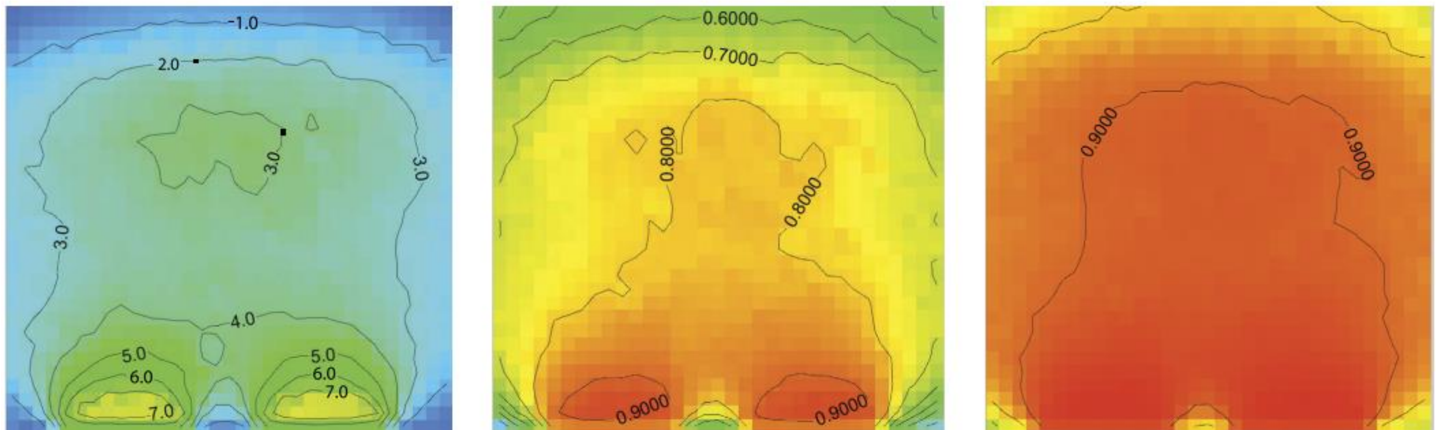
14.16.3 SOFTWARE DE ILUMINACIÓN NATURAL

La iluminación natural es ideal para el modelado por computadora debido a su naturaleza dinámica, fuentes complejas, el papel de la interreflexión y la distribución no uniforme que ocurre con la mayoría de los diseños. El software se puede configurar para modelar geometría y aperturas arbitrarias de una habitación, el entorno exterior circundante, distribuciones variables de luminancia del cielo y la posición cambiante del sol. Hasta hace poco, la mayoría de los programas informáticos informaban únicamente sobre el rendimiento en un único momento en el tiempo, y no existía información sobre el rendimiento anual. Las herramientas de modelado de energía HVAC como DOE-2 y, más recientemente, Energy-Plus contienen algoritmos simplificados de modelado de luz natural para abordar las cargas de iluminación y HVAC y los ahorros anuales generados por la iluminación natural con control de iluminación basado en fotosensores. El software de iluminación ahora está disponible con capacidad de simulación anual para abordar la captación de luz natural con mayor detalle utilizando métricas anuales como las descritas anteriormente. Estos programas suelen aplicar un enfoque de coeficiente de luz diurna para reducir el tiempo de ejecución al modelar las condiciones del cielo cada hora o con mayor precisión. Las herramientas de análisis de luz natural se pueden clasificar como herramientas generales, herramientas basadas en aplicaciones y herramientas de modelado de desempeño anual. A continuación se proporciona una breve descripción de estos.

14.16.3.1 HERRAMIENTAS GENERALES DE ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN

La mayoría de estas herramientas abordan tanto la iluminación eléctrica como la iluminación natural. El usuario crea o importa la geometría exterior y de la habitación, asigna reflectancias y transmitancias a las superficies y luego selecciona la condición de luz natural para estudiar (fecha del calendario, hora del día y tipo de cielo). Los datos de iluminancia tabulares, los contornos de iluminancia, las representaciones fotorrealistas y los valores de pseudocolor o de luminancia contorneados son opciones de salida típicas. En algunas herramientas, se puede generar automáticamente una secuencia de animación de la distribución de la luz natural en un espacio. Se puede utilizar una secuencia de imágenes para evaluar visualmente la penetración directa de la luz solar y las cualidades dinámicas de la luz natural dentro de un espacio (ver Figura 14.44).

FIGURA 14.43 | FACTOR DE LUZ NATURAL Y CONTORNOS MÉTRICOS DE LUZ NATURAL ANUAL
Una comparación del factor de luz natural (izquierda), la autonomía de luz natural (centro) y la autonomía de luz natural continua (derecha) para un objetivo de 500 lux y de 8 a. m. a 5 p. m. ocupación en un salón de clases con luz natural, un triforio orientado al norte y dos ventanas orientadas al sur. Se emplean cortinas con un 4% de transmisión en la fachada orientada al sur cuando incide la luz solar directa. La imagen central indica que entre el 60% y el 70% del tiempo toda la habitación está iluminada con 500 lux o más.



14.16.3.2 SOFTWARE SIMPLIFICADO DE OPTIMIZACIÓN DE ENERGÍA

El software basado en aplicaciones se centra en el análisis de un tipo particular de sistema. Un ejemplo de una herramienta de este tipo es $SkyCalc^{®}$, que se puede utilizar para optimizar el rendimiento energético de un sistema de claraboya uniforme [59] [60]. Esta herramienta considera los ahorros y pérdidas dentro de un espacio al abordar simultáneamente los impactos energéticos de iluminación, calefacción y refrigeración de los tragaluces. Para el análisis de la luz natural, aplica un procedimiento simple conocido como Método Lumen de Iluminación Superior (consulte el Formulario 14.18), que evalúa la iluminancia promedio en un espacio considerando el efecto combinado del material del tragaluz, la configuración del pozo del tragaluz y los coeficientes de utilización para un Distribución lambertiana (coseno) en la base del pozo. Los cálculos de carga de calefacción y refrigeración se aproximan a partir de una serie archivada de ejecuciones DOE-2. El programa permite al usuario optimizar la relación entre el área del tragaluz y el área del techo para una configuración de tragaluz particular en función del consumo de energía o de los costos de energía que consideran las cargas de iluminación, calefacción y refrigeración (consulte la Figura 14.45).

Herramientas de software adicionales que abordan el ahorro de energía en iluminación y proporcionan datos de rendimiento para su uso en el diseño, disposición y evaluación de sistemas de control de fotosensores son SPOT [61] y Daysim [62]. Estas herramientas calculan métricas anuales de rendimiento de luz diurna y ahorros de energía para sistemas de control de fotosensores. También ayudan al usuario a evaluar las ubicaciones de los fotosensores y diferentes productos y diseños de fotosensores. Las entradas del software incluyen geometría espacial, un cronograma de ocupación, datos meteorológicos del sitio, la función de respuesta direccional de los fotosensores, su ubicación, equipos de iluminación eléctrica y diseños de zonas de control, el algoritmo de control de fotosensores, dispositivos de sombreado operables y criterios de activación. En la Figura 14.46 se muestran ejemplos de entrada y salida de SPOT. Los resultados de Daysim se muestran en la Figura 14.43 y en las Figuras 19.25-19.27. Daysim también permite analizar las condiciones de deslumbramiento que puede experimentar un ocupante a lo largo de un año.

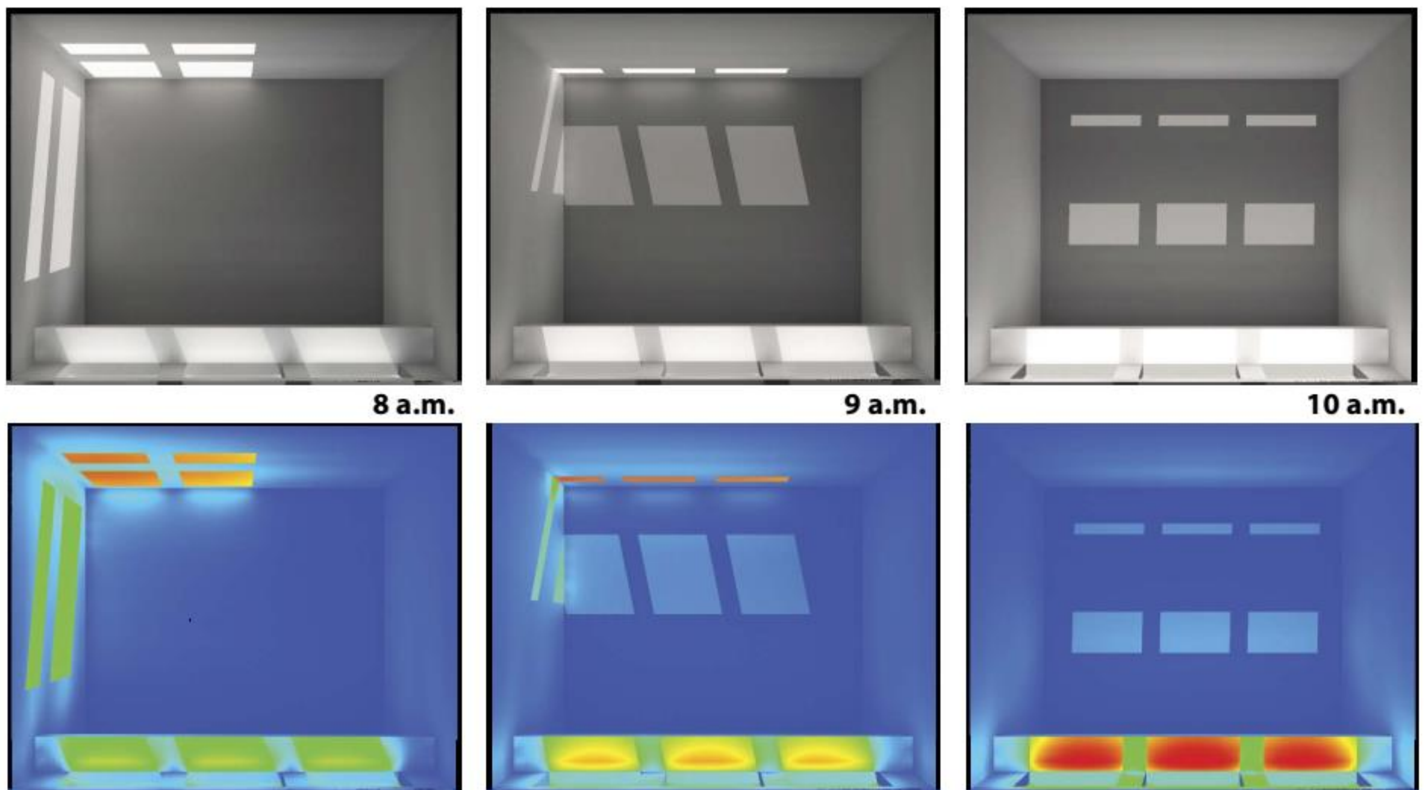


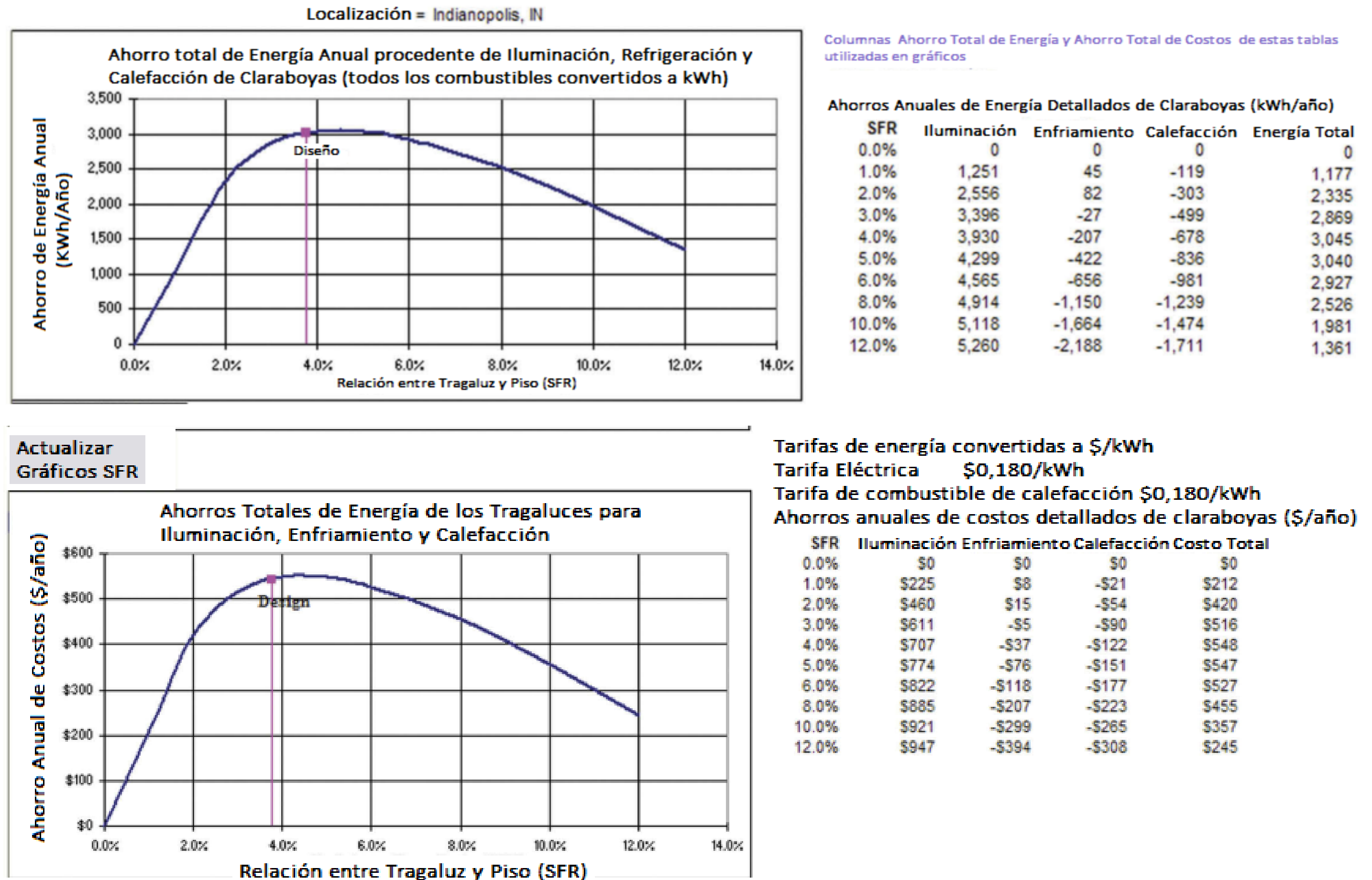
FIGURA 14.44 | IMÁGENES DE PENETRACIÓN DE LA LUZ SOLAR

Una serie de representaciones que miran desde arriba a una habitación con un sistema de estantes luminosos orientados a 30 grados al este del sur en una latitud de 40 N ilustra la penetración de la luz solar del solsticio de invierno a través de la ventana situada encima y debajo del estante durante las horas de la mañana. La fila superior de imágenes aplica una vista estándar donde los materiales de la habitación se ingresaron como colores grises neutros, mientras que la fila inferior ilustra el rendimiento utilizando imágenes en pseudocolor, donde diferentes colores representan diferentes niveles de luminancia. También se puede imprimir una escala para identificar las asignaciones de valores de luminancia en toda la gama de colores.

14.16.3.3 HERRAMIENTAS ANUALES DE MODELADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS

Existen varias herramientas diferentes para el modelado completo de la carga energética de edificios que incluyen alguna forma de modelado de luz natural. Estas herramientas incluyen programas como DOE-2, EQuest, EnergyPlus y otros [63]. En la mayoría de los casos, estas herramientas las aplican consultores de diseño de HVAC o modelado energético de edificios; sin embargo, deben configurarse adecuadamente para proporcionar modelos razonablemente precisos de ahorro de energía en iluminación y el impacto resultante del sistema de iluminación en la calefacción y refrigeración del edificio. Estas herramientas requieren un archivo meteorológico como un archivo TMY2 (Año meteorológico típico, versión 2) o EPW (Energy Plus Weather) para describir las condiciones meteorológicas horarias para el cálculo de la energía de iluminación y HVAC. El modelado de la luz natural a menudo se realiza mediante un algoritmo algo simplificado (en comparación con el software avanzado de transferencia de flujo y trazado de rayos) para estimar el ahorro potencial de energía cuando la iluminación eléctrica se enciende o atenúa mediante un fotosensor. Estas herramientas consideran un sistema de control de iluminación que funciona perfectamente, determinando el ahorro energético a partir de la iluminancia del plano de trabajo en uno o más puntos. Los puntos seleccionados, los niveles objetivo asignados a estos puntos y la potencia de iluminación controlada son entradas críticas para estas herramientas de modelado energético. Las recomendaciones para configurar correctamente los sistemas de iluminación eléctrica controlados por fotosensores

se proporcionan en 19.4.6.5 Análisis de sistemas de fotosensores. 14.16.3.4 Notas de modelado del software de luz natural Al aplicar herramientas de análisis de luz natural, la salida recibida es tan buena como la entrada proporcionada. En muchos casos, el usuario debe seleccionar y configurar los parámetros de cálculo que rigen el análisis, que requiere cierta comprensión de cómo funciona la herramienta. A continuación se presentan algunos puntos importantes a considerar al aplicar herramientas de software.



Ahorros Anuales de Energía Detallados de Claraboyas (kWh/año)

SFR	Iluminación	Enfriamiento	Calefacción	Energía Total
0.0%	0	0	0	0
1.0%	1,251	45	-119	1,177
2.0%	2,556	82	-303	2,335
3.0%	3,396	-27	-499	2,869
4.0%	3,930	-207	-678	3,045
5.0%	4,299	-422	-836	3,040
6.0%	4,565	-656	-981	2,927
8.0%	4,914	-1,150	-1,239	2,526
10.0%	5,118	-1,664	-1,474	1,981
12.0%	5,260	-2,188	-1,711	1,361

Tarifas de energía convertidas a $/kWh
Tarifa Eléctrica $0,180/kWh
Tarifa de combustible de calefacción $0,180/kWh
Ahorros anuales de costos detallados de claraboyas ($/año)

SFR	Iluminación	Enfriamiento	Calefacción	Costo Total
0.0%	$0	$0	$0	$0
1.0%	$225	$8	-$21	$212
2.0%	$460	$15	-$54	$420
3.0%	$611	-$5	-$90	$516
4.0%	$707	-$37	-$122	$548
5.0%	$774	-$76	-$151	$547
6.0%	$822	-$118	-$177	$527
8.0%	$885	-$207	-$223	$455
10.0%	$921	-$299	-$265	$357
12.0%	$947	-$394	-$308	$245

Figura 14.45 | Resultado de SkyCalc® Estos gráficos ilustran los cambios en el ahorro de energía y costos a medida que la relación entre el área del tragaluz y el área del piso varía según la forma y el material del tragaluz en particular. Las tablas proporcionan desgloses de los datos numéricos en los gráficos para iluminación, energía de calefacción y refrigeración y los respectivos ahorros o pérdidas de costos en estas áreas en relación con un techo opaco. El ahorro en iluminación contrarresta las pérdidas de energía tanto de calefacción como de refrigeración en ambas tablas.

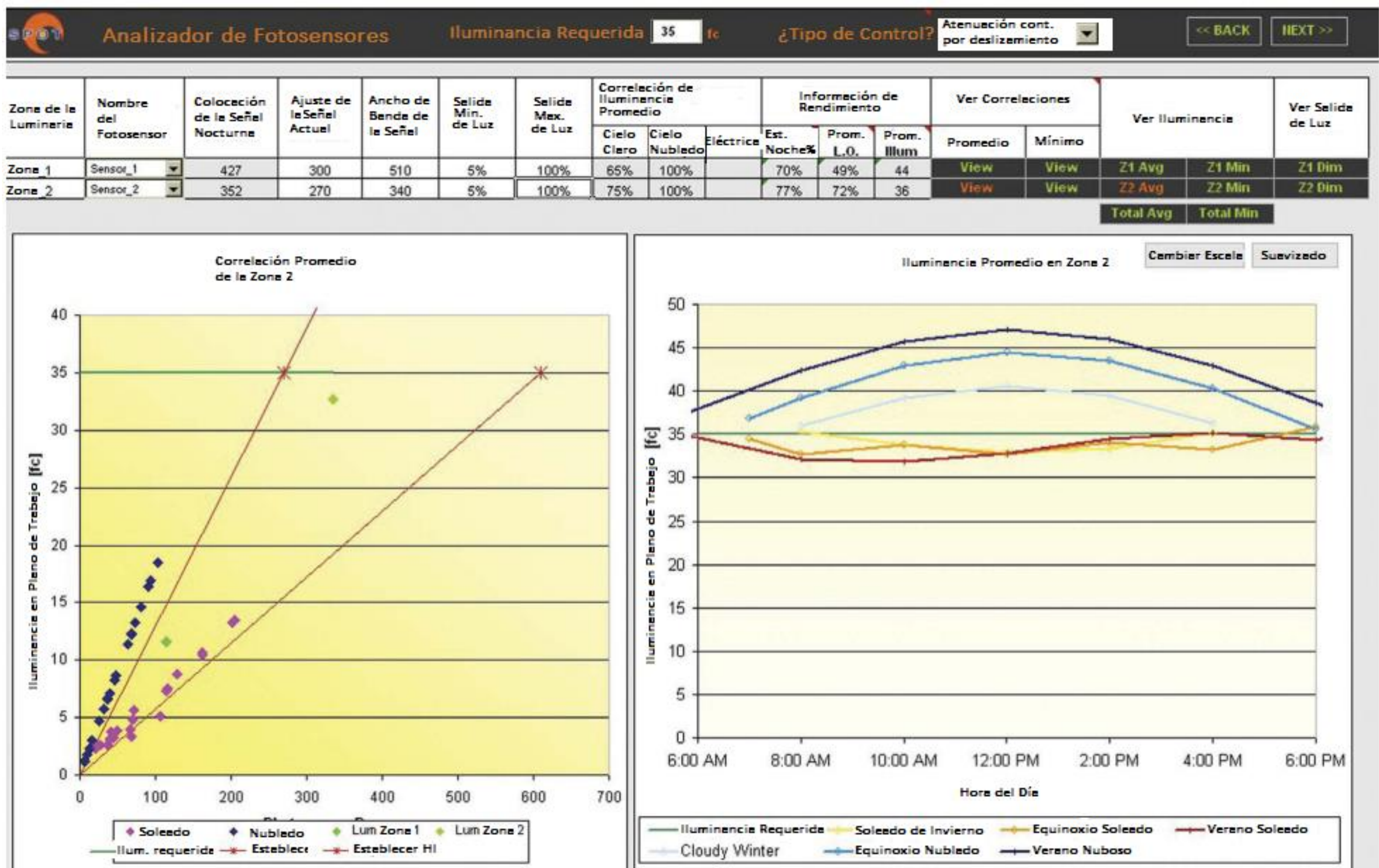


FIGURA 14.46 | MODELADO DEL RENDIMIENTO DEL FOTOSENSOR
Se aplica un algoritmo de control de punto de ajuste deslizante (proporcional lineal) a un fotosensor en SPOT. Los ajustes de calibración se ingresan en la parte superior de la pantalla, mientras que el gráfico de la izquierda muestra la iluminancia del plano de trabajo versus la señal del fotosensor para diferentes condiciones del cielo y las zonas de luz eléctrica. El gráfico de la derecha muestra el rendimiento de la atenuación en días claros y nublados representativos.

FACTORES DE PÉRDIDA

La suciedad en ventanas y tragaluces reduce la transmitancia de luz natural de los materiales de acristalamiento y debe incluirse en cualquier análisis de luz natural. No existen estudios sobre la magnitud de estas pérdidas. Las recomendaciones anteriores sobre el factor de pérdida de luz para las aperturas a la luz del día pueden haber sido demasiado conservadoras (demasiado bajas). Para acristalamientos verticales, los valores realistas pueden estar en el rango de 0,9 a 0,95, mientras que para acristalamientos horizontales o inclinados, pueden ser apropiados valores entre 0,8 y 0,9. Las condiciones locales pueden requerir ajustes adicionales. Los factores de suciedad se ingresan como ajustes a la transmitancia del acristalamiento.

PARTELUCES

Al realizar estudios de modelado, a menudo se omiten los parteluces al crear un modelo de luz natural como medida para ahorrar tiempo. Cuando se hace esto, se debe incluir un factor de pérdida que tenga en cuenta la reducción efectiva en el área de acristalamiento real para ajustar la transmitancia del acristalamiento para tener en cuenta los parteluces. Este factor se puede ingresar como la relación simple entre el área neta y bruta de acristalamiento, aunque es probable que

la reducción en la transmitancia sea ligeramente mayor debido a la profundidad de los parteluces (perpendiculares a la ventana).

MODELADO DE SOMBRAS DEL SUELO

La mayoría de los programas que analizan la luz del día consideran el suelo para ver un cielo sin obstáculos y recibir luz solar directa. En una condición del mundo real, el suelo contra un edificio sólo ve la mitad del cielo y no recibe luz solar directa cuando el edificio le da sombra. La suposición de que el cielo esté libre de obstáculos en todo el plano del suelo puede reducir la cantidad de luz reflejada que entra por una ventana. Cuando las sombras del suelo no se consideran automáticamente, se debe incluir un polígono exterior con una reflectancia del suelo adecuada, junto con cualquier objeto de sombra, que puede incluir otras secciones y pisos del edificio en estudio. Es importante extender este polígono de terreno y la parte de sombra de la fachada del edificio más allá del espacio que se analiza.

TIEMPOS DE ANÁLISIS

Muchas herramientas hacen suposiciones sobre el horario de verano y determinan zonas horarias basadas en la longitud del sitio (aplicando zonas horarias de 15° de ancho). Cuando las ciudades están ubicadas cerca del límite de una zona horaria, el software puede aplicar una zona horaria incorrecta a ese sitio. Además, ciertos lugares, como Arizona, no emplean el horario de verano. Se pueden hacer ajustes de tiempo para abordar supuestos incorrectos del programa.

Orientación del edificio

Al orientar un edificio en el software, se debe ingresar la orientación con respecto al norte polar. Esto requerirá una corrección si sólo se conoce la posición relativa al norte magnético, a menos que el software realice esta corrección basándose en la latitud y longitud del sitio. Consulte 14.4.3 Orientación relativa al norte polar.

CONFIGURACIÓN DE CÁLCULO

Las herramientas de luz natural se basan en métodos de análisis de transferencia radiativa o de trazado de rayos. Si las ventanas se modelan como emisores de luz y su rendimiento se aborda determinando la distribución de intensidad luminosa de la luz diurna transmitida y luego aplicando esta distribución al área de la ventana que se está considerando, puede ser necesario subdividir el área acristalada en polígonos más pequeños para forzar la transición del software para evaluar la distribución de la luz natural entrante en una colección de puntos a lo largo de la superficie de la ventana. Esto es necesario cuando las ventanas tienen cerca elementos reflectantes o de sombra, como estantes de luz, voladizos o edificios adyacentes; o cuando las ventanas son muy altas. Por ejemplo, la parte superior de una ventana justo debajo de un voladizo transmitirá menos luz y tendrá una distribución de luz natural diferente que una sección cerca de la parte inferior de la ventana. Si la ventana se considera como un polígono, tanto a la parte superior como a la inferior se les puede asignar la distribución de luz natural que existe en el centro de la ventana, introduciendo un error.

Cuando se aplican modelos de transferencia radiativa, es posible que sea necesario subdividir las superficies que reciben luz solar directa (interior o exterior) en parches receptores y emisores más pequeños (a menudo denominados malla de superficie) para resolver los bordes de las sombras de la luz solar y redirigir la luz del día de manera adecuada. Esto es especialmente crítico para una superficie como un estante ligero, que puede estar parcialmente iluminado con luz solar y es una fuente principal de luz solar reflejada hacia el interior. Si el estante se trata como una superficie emisora, la luz solar directa que incide sólo en una parte del estante puede distribuirse uniformemente a través del estante al calcular la contribución de esa luz a otras superficies. Esto puede sobrestimar la eficiencia del sistema y la penetración de la luz natural. En algunos programas de transferencia radiativa, se puede habilitar una función de subdivisión adaptativa. Este procedimiento subdivide polígonos en áreas donde se detectan grandes gradientes de iluminancia. Si bien esta característica puede subdividir aún más la malla para evaluar la radiación incidente, es posible que no tenga ningún efecto en la estructura de la malla para redirigir esta luz a otras superficies. Al aplicar software de trazado de rayos, los parámetros que controlan la cantidad de rayos que se generan en cada reflexión y la cantidad de rebotes que se consideran a menudo están bajo el control del usuario. Una configuración baja puede dar como resultado tiempos de ejecución rápidos pero baja precisión. Puede que sea necesario probar el rendimiento logrado utilizando diferentes

configuraciones para determinar la sensibilidad de los resultados a los cambios en la configuración de los parámetros del trazado de rayos. Cuando la luz del día se distribuye desde áreas pequeñas que no se consideran fuentes de luz primarias, se necesita una mayor densidad de rayos reflejados para que los rayos ubiquen y evalúen adecuadamente estas áreas brillantes. Una forma de evaluar el rendimiento general de una herramienta de trazado de rayos es comprobar las distribuciones de luminancia en un espacio en una imagen renderizada. Si los patrones tienen una apariencia suave y realista, entonces los ajustes de parámetros relacionados con el número de rayos generados en cada reflexión sea aceptable. Cuando se espera que el proceso de trazado de rayos aborde la luz del día que pasa a través de tragaluces profundos o una serie de persianas horizontales o verticales, es posible que sea necesario aumentar el número de reflejos por encima del ajuste típico de 5 o 6.

LOCALIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

El Departamento de Energy publica una lista de software de iluminación en su sitio web, con una breve descripción de cada herramienta e información de contacto del proveedor del programa [63].

14.16.4 MODELOS A ESCALA FÍSICA

Antes de la disponibilidad de herramientas informáticas para estudiar el rendimiento de la luz natural, los modelos a escala física eran el enfoque principal utilizado por arquitectos e ingenieros para evaluar el diseño de sistemas de luz natural. Muchos profesionales del diseño todavía aplican esta técnica en la actualidad. Los detalles materiales y constructivos requeridos en un modelo se basan en la información deseada del estudio, que puede ser puramente visual o incluir lecturas fotométricas.

14.16.4.1 MODELOS DE MASA

Los modelos de masa (arcilla o cartón) se utilizan para evaluar la penetración de la luz solar y las líneas de sombra y pueden construirse con cualquier material conveniente. No se requieren acabados superficiales precisos; sin embargo, las dimensiones del espacio y el espesor de la abertura son fundamentales para evaluar la penetración de la luz solar. Los edificios circundantes y los objetos que proyectan sombras sobre las aberturas de luz natural deben incluirse en el modelo. Los modelos de masa se pueden colocar en un heliodón para modelar los ángulos de la luz solar en cualquier época del año. Un heliodón simple es fácil de crear con una fuente de luz puntual y un dispositivo que gira el modelo alrededor de un eje vertical (ver Figura 14.47). Otra opción para modelar la penetración de la luz solar es colocar un reloj de sol en el plano de tierra de un modelo [52]. Luego, el modelo se puede llevar al exterior y colocarlo en ángulo con respecto al sol para lograr cualquier posición solar deseada.

14.16.4.2 MODELOS FOTOMÉTRICOS

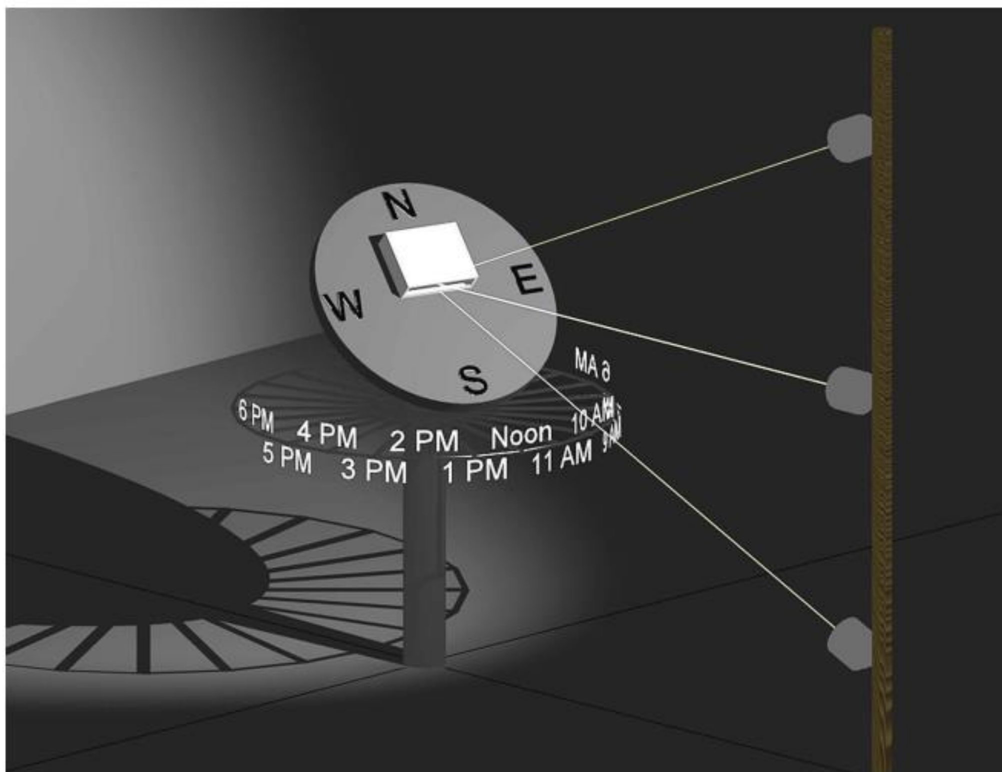
Se pueden utilizar modelos a escala fotométricamente precisos para registrar lecturas de iluminancia y luminancia, así como para realizar evaluaciones visuales del rendimiento del sistema de luz natural [64] [65] [66]. Estos modelos deben tener reflectancias adecuadas en todas las superficies que afectan la distribución de la luz natural dentro de un espacio, incluido el suelo y las superficies exteriores que ensombrecen o reflejan la luz natural en una abertura [67]. No es necesario que las superficies sean del color exacto, pero debe tener un valor de reflectancia de luz similar (LRV entre 5 y 10 % es aceptable). Al construir un modelo de este tipo, es importante evitar fugas de luz en las esquinas y garantizar que los materiales opacos no transmitan luz. Una capa negra o reflectante (como una lámina) incorporada ayuda a eliminar la penetración de la luz natural a través de paredes y techos. En los modelos a escala, es común considerar ventanas transparentes utilizando aberturas sin vidriar. Luego, cualquier lectura fotométrica debe modificarse mediante la transmitancia de ventana deseada, un factor de pérdida de luz y un factor para considerar reducciones adicionales causadas por parteluces que no están incluidos en el modelo. Dado que la luz de ángulo alto se transmite a través del vidrio con una transmitancia menor que la luz que incide cerca de la superficie normal (Figura 14.9), habrá algún error con este enfoque, particularmente cuando la luz solar directa incide sobre una abertura en un ángulo alto. Para modelar acristalamientos translúcidos, se debe instalar un material difusor adecuado en el modelo para redistribuir de manera similar la luz natural en la abertura. Luego, las lecturas fotométricas interiores deben corregirse utilizando la relación del

mundo real para modelar la transmitancia del material de acristalamiento si no son idénticas. Se producirá algún error cuando la difusión proporcionada por el material modelo no coincida con la del material de vidriado real.

Las lecturas de iluminancia se pueden tomar dentro de modelos a escala utilizando pequeños fotosensores, teniendo cuidado de que los medidores permanezcan en la orientación deseada mientras se toman las lecturas. Tenga en cuenta que cuando se realizan mediciones del modelo al aire libre, se puede utilizar un día despejado de verano para aproximar las condiciones despejadas en todas las épocas del año sin tener que inclinar el modelo, simplemente sincronizando las mediciones con la altitud solar deseada y girando el modelo a la posición acimut adecuado. Para aproximarse a las condiciones de verano con ángulos elevados durante el invierno, se puede inclinar un modelo para colocar correctamente el sol en un reloj de sol, pero la precisión de la distribución de la luz diurna disminuye ya que el cielo y el suelo se intercambian en algunos ángulos en el mundo del modelo. En algunos laboratorios y universidades importantes se encuentran disponibles simuladores de cielo nublado y simuladores de cielo más avanzados que son capaces de modelar distribuciones de luminancia del cielo y posiciones solares arbitrarias.

Figura 14.47 | Configuración del heliodón

Se coloca un modelo a escala sobre una superficie giratoria con la dirección norte del modelo orientada hacia arriba. El ángulo de esta superficie giratoria con respecto a la vertical es la latitud del sitio (una orientación horizontal corresponde al polo norte). Las 24 horas del día están espaciadas en incrementos de rotación de 15 grados en la base giratoria orientada verticalmente con el mediodía solar alineado con el sur. La superficie se gira de modo que la hora solar deseada mire hacia las fuentes de luz. La fuente superior, que corresponde al solsticio de verano, se coloca en un ángulo de 23,5 grados sobre el centro del modelo. La fuente central está alineada horizontalmente con la apertura de luz diurna y representa el sol en las fechas de los equinoccios, mientras que la fuente inferior representa el solsticio de invierno y está 23,5 grados por debajo de la posición del equinoccio.



14.17 REFERENCIAS

[1] Boyce P, Hunter C, Howell O. 2003. The benefits of daylight through windows [Internet]. Lighting Research Center. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/DaylightBenefits.pdf.

[2] Heschong-Mahone Group, Inc. 2003. Windows and offices: a study of office worker performance and the indoor environment [Internet]. CEC Technical Report. [cited on 2010 Aug 18]. Available from: http://www.h-m-g.com/downloads/Daylighting/A-9_Windows_Offices_2.6.10.pdf.

[3] Ulrich RS, 1984. View through a window may influence recovery from surgery. Science. 224:420-421.

[4] Ulrich RS. 1991. Effects of interior design on wellness: theory and recent scientific research. Journal of Health Care Interior Design: Proceedings from the National Symposium on Health Care Interior Design. 3:97-109.

[5] Ander GD. 2003. Daylighting performance and design. New York: John Wiley & Sons.

[6] Heschong L, Wright RL, Okura S. 2002. Daylighting Impacts on human performance in school. J Illum Eng Soc. 31(2):101-114.

[7] Heschong L, Wright RL, Okura S. 2002. Daylighting impacts on retail sales performance. J Illum Eng Soc., 31(2) 21-25

[8] Heschong L. 2003. Windows and classrooms: a study of student performance and the indoor environment [Internet]. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www.newbuildings.org/downloads/FinalAttachments/A-7_Windows_Classrooms_2.4.10.pdf.

[9] Heschong L. 2003. Daylighting in schools: reanalysis report [Internet]. California Energy Commission. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www.newbuildings.org/downloads/FinalAttachments/A-3_Dayltg_Schools_2.2.5.pdf.

[10] Heschong L. 2003. Daylight and retail sales [Internet]. California Energy Commission. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www.newbuildings.org/downloads/FinalAttachments/A-5_Daylgt_Retail_2.3.7.pdf.

[11] Boyce P. 2004. Reviews of technical reports of daylight and productivity [Internet]. Lighting Research Center. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/BoyceHMGReview.pdf.

[12] Miller N, Spivey J, Florance A. 2008. Does green pay off? Journal of Real Estate Portfolio Mgmt. 14(4):385-399.

[13] Eichholz P, Kok N, Quigley JM. 2009. Doing well by doing good? Green office buildings [Internet]. University of California Berkeley. [cited on 2010 Sep 5]. Available from: http://urbanpolicy.berkeley.edu/pdf/EKQ_green_buildings_JMQ_081709.pdf.

[14] Figueiro MG, Rea MS. 2010. Lack of short-wavelength light during the school day delays dim light melatonin onset (DLMO) in middle school students. Neuroendocrinol Lett. 31(1):92-6.

[15] Krarti M, Erickson PM, Hillman TC. 2005. A simplified method to predict energy savings of artificial lighting use from daylighting. Build Environ. 40(6):747-754.

[16] Yoon Y, Moeck M, Mistrick R, Bahnfleth W. 2008, How much energy do different toplighting strategies save?, J Archit Eng. 14(4):101-110.

[17] Moeck M, Yoon Y, Bahnfleth W, Mistrick R. 2005. How Much energy do different toplighting strategies save? [Internet]. Lighting Research Center. [cited on 2009 Aug 7]. Available from: http://www.lightingresearch.org/programs/daylighting/pdf/finalreport61905.pdf.

[18] Robbins CL. 1986. Daylighting: design and analysis. New York: Van Nostrand Reinhold.

[19] IEA SHC Task 21. 2000. Daylight in buildings: a source book on daylighting systems and components [Internet]. International Energy Agency. [cited on 2009 Jul 29]. Available from: http://www.iea-shc.org/task21/source_book.html.

[20] Guzowski M. 2000. Daylighting for sustainable design, New York: McGraw-Hill.

[21] ASHRAE 2007. Energy standard for buildings except low-rise residential buildings, ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007. Atlanta: ASHRAE.

[22] Boyce PR. 1995. Minimum acceptable transmittance of glazing. Light Res Technol. 27(3):145-152 .

[23] Cuttle C. 1979. Subjective assessments of the appearance of the appearance of special performance glazing in offices. Light Res Technol. 11:140-149.

[24] Thorpe J (ed). 2004. Daylight dividends case study: Harmony Library, Fort Collins, CO [Internet]. Rensselaer Polytechnic Institute: Troy, NY. [cited on 2010 Feb 3]. Available from: http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/HarmonyLibraryCaseStudy.pdf.

[25] ASTM. 2003.ASTM D1003 - 07e1 Standard test method for haze and luminous transmittance of transparent plastics. West Conshohocken, PA:ASTM International.

[26] LBNL. 2010. Window software [Internet]. Available from: http://windows.lbl.gov/software/window/window.html.

[27] Klems JH. 1999. Net energy performance measurements on electrochromic skylights. Energ Buildings. 33(93-102).

[28] Lee E, Yazdanian M, Selkowitz SE. 2004. The energy-savings potential of electrochromic windows in the us commercial buildings sector, LBNL 54966. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.

[29] Lee E, DiBartolomeo DL, Klems J, Yazdanian M, Selkowitz SE. 2006. Monitored energy performance of electrochromic windows controlled for daylight and visual comfort. ASHRAE Trans. 112(2): 122-141.

[30] Lee E, Zhou L, Yazdanian M, Inkarojrit V, Slack J, Rubin M, Selkowitz SE. 2002. Energy performance analysis of electrochromic windows in New York commercial office buildings, LBNL 50096. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory.

[31] Nakajima A, Hashimoto K, Watanabe T, Takai K, Yamauchi G, Fujishima A. 2000. Transparent superhydrophobic thin films with self-cleaning properties. Langmuir, 16: 7044-7047.

[32] Blossey R. 2003. Self cleaning surfaces–virtual realities. Nature Materials 2:301-306.

[33] Murdoch JB, Oliver TW, Reed GP. 1991. Luminance and illuminance characteristics of translucent daylighting sandwich panels. J Illum Eng Soc. 20(2):69–79.

[34] Kalwall Corp. 2009. Translucent wall and skyroof systems [Internet]. Basel, Switzerland: Birkhäuser. [cited on 2009 Feb 5]. Available from: http://www.kalwall.com/pdfs/daylight.pdf. Köster H. 2004. Dynamic daylighting architecture: basics, systems, projects.

[35] Keighly EC. 1973. Visual requirements and reduced fenestration in offices – a study of multiple apertures and window area. Building Sci. 8:321-331.

[36] Keighly EC. 1973. Visual requirements and reduced fenestration in offices – a study of window shape. Building Sci. 8:311-320.

[37] Ne'eman E, Hopkinson RG. 1970. Critical minimum acceptable window size: a study of window design and provision for view. Light Res Technol. 2:17-27.

[38] Thanachareonkit A, Scartezzini JL. 2010. Modelling complex fenestration systems using physical and virtual models. Solar Energy. 84:563-586.

[39] Ward G, Mistrick R, Lee E, McNeil A, Jonsson J. 2010. Simulating the daylight performance of complex fenestration systems using bidirectional scattering distribution functions within Radiance. 2010 IES Annual Conference. New York: IESNA.

[40] Lam WMC. 1986. Sunlighting as formgiver for architecture. NewYork: Van Nostrand Reinhold.

[41] Heschong Mahone Group. 1998. Skylighting guidelines [Internet]. Energy Design Resources. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www.energydesignresources.com/Resources/Publications/DesignGuidelines/tabid/73/articleType/ArticleView/articleId/9/Design-Guidelines-Skylighting-Guidelines.aspx.

[42] Navvab M. 1988. Daylighting techniques: skylights as a light source. Archit Light. 2(8):46–47, 50.

[43] Navvab M. 1988. Daylighting techniques: translucent and transparent daylighting systems. Archit Light. 2(5):48–55.

[44] McHugh J, Manglani P, Dee R, Heschong . 2003. Modular skylight wells: design guidelines for skylights with suspended ceilings [Internet]. Heschong Mahone Group; [cited on 2010 Aug 15]. Available from: http://www.h-m-g.com/downloads/Mod_Skylights/A-13_Skylight_Guide_5.4.6b.pdf.

[45] Mistrick R. 2006. An improved procedure for determining skylight well efficiency under diffuse glazing. Leukos. 2(4):295-306.

[46] Lee E, DiBartolomeo DL, Selkowitz SE. 1998. Thermal and daylighting performance of an automated Venetian blind and lighting system in a full-scale private office. Energ Buildings. 29(47-63).

[47] Lee ES, Selkowitz SE. 2006. The New York Times headquarters daylighting mockup: monitored performance of the daylighting control system. Energ Buildings. 38(7):914-929.

[48] Lee ES, Clear RD, Fernandes L, Ward G. 2007. Commissioning and verification procedures for the automated roller shade system at The New York Times headquarters, New York, New York [Internet]. Lawrence Berkeley National Laboratory. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://windows.lbl.gov/comm_perf/pdf/nyt-shade-cx-procedures.pdf.

[49] Rubin AI, Collins BL, Tibbott RL. 1978. Window blinds as a potential energy saver - a case study. NBS Building Science Series 112.

[50] Rea MS. 1984. Window blind occlusion: a pilot study. Build Environ. 19(2):113–137.

[51] Reinhart CF, Voss K. 2003. Monitoring manual control of electric lighting and blinds. Light Res Technol. 35(3):243–260.

[52] Moore F. 1985. Concepts and practice of architectural daylighting. New York: Van Nostrand Reinhold.

[53] Tregenza P, Waters I. 1983. Daylight coefficients. Light Res Technol. 15(2):65–67.

[54] Reinhart CF, Herkel S. 2000. The simulation of annual daylight illuminance distributions – a state of the art comparison of size RADIANCE-based models. Energ Buildings 32:167-187.

[55] Moon P, Spencer DE. 1942. Illumination from a non-uniform sky. Illum Eng. 37(12):707-726.

[56] Love JA. 1993. Determination of the daylight factor under real and overcast skies. J Illum Eng Soc. 22(2):176–182.

[57] Reinhart CF, Mardaljevic J, Rogers Z. 2006. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. Leukos. 3(1):7-31.

[58] Nabil A, Mardaljevic J. 2005. Useful daylight illuminance: a new paradigm to access daylight in buildings. Light Res Technol. 37(1):41–59.

[59] Heschong L, McHugh J. 2000. Skylights: calculating illumination levels and energy impacts. J Illum Eng Soc. 29(1):90-100.

[60] Energy Design Resources. Skycalc [Internet]. [cited on 2010 Aug 15]. Available from: http://www.energydesignresources.com/Resources/SoftwareTools/SkyCalc.aspx.

[61] Architectural Energy Corp. 2010. SPOT [Internet]. [cited on 2010 Oct 18]. Available from: http://www.archenergy.com/SPOT.

[62] Reinhart CF. 2010. DAYSIM [Internet]. [cited on 2010 Oct 18]. Available from: http://www.daysim.com.

[63] Building Technologies Program. Building energy software tools directory [Internet]. U.S. Department of Energy. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects_sub.cfm.

[64] Love JA, Navvab M. 1991. Daylighting estimation under real skies: a comparison of full-scale photometry, model photometry and computer simulation. J Illum Eng Soc. 20(1):140–156.

[65] Love JA. 1993. Daylighting estimation under real skies: further comparative studies of full scale and model photometry. J Illum Eng Soc. 22(2):61–68.

[66] Navvab M. 1996. Scale model photometry techniques under simulated sky conditions. J Illum Eng Soc. 25(2):160–172.

[67] Bodart M, Deneyer A. 2006. A guide for the building of daylight scale models. PLEA2006 – The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture [Internet]. Geneva, Switzerland. [cited on 2009 Jul 21]. Available from: http://www-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/documents%20pdf/PLEA2006guide.pdf.

[68] Murdoch JP. 2003. Illuminating engineering: from Edison's lamp to the LED. New York:Visions Communications.

14.18 FORMULARIO

14.18.1 MÉTODO DEL LUMEN DE ILUMINACIÓN SUPERIOR

El método del Lumen de iluminación superior es similar al método del Lumen de iluminación eléctrica y es lo suficientemente simple como para permitir el cálculo manual. Proporciona una forma de predecir la iluminancia diurna interior promedio a partir de una disposición uniforme de tragaluces con fenestración difusora simple y dispositivos de sombreado. El método lumínico de iluminación superior consta de cuatro pasos:

1. Determinar la iluminancia exterior horizontal en el tragaluz tanto para la contribución del cielo como del sol. Estos se pueden calcular como se muestra en el Formulario 7.9: Disponibilidad de luz diurna de IES Standard Skies.

2. Determine la transmitancia neta del sistema de fenestración. Este valor determina la cantidad de luz natural que ingresa a la habitación a través de la base del tragaluz. Incluye la transmitancia del acristalamiento (que puede ser diferente para las contribuciones del sol y del cielo, como se muestra a continuación), un factor de pérdida de luz que considera la suciedad, un factor de pozo que aborda las pérdidas dentro del tragaluz y factores adicionales para cualquier obstrucción o control. dispositivos que puedan estar presentes dentro del pozo.

3. Determinar el coeficiente de utilización que considera que la abertura inferior del tragaluz posee una distribución lambertiana. Funciona como las CU para iluminación eléctrica al calcular la iluminancia diurna promedio en el plano de trabajo.

4. La iluminancia interior es el producto de los valores determinados en los pasos 1 a 3. En este procedimiento, las transmitancias directa y difusa (para el sol y el cielo, respectivamente) de los acristalamientos del lucernario presentan generalmente valores diferentes.

La iluminancia horizontal promedio en el plano de trabajo es

$$E_{wp} = (E_{kh}\ \tau_d + E_{dh}\tau_D)\,CU\,\frac{N\ A_s}{A_{wp}} \qquad \text{(F14.1)}$$

Donde:

E_{wp} = iluminancia promedio del plano de trabajo
E_{kh} = iluminancia horizontal exterior debida al cielo (hacia los tragaluces)
E_{dh} = iluminancia horizontal exterior debida al sol sun
τ_d = transmitancia difusa neta del tragaluz y el pozo
τ_D = transmitancia directa neta del tragaluz y el pozo
CU = Coeficiente de utilización (Tabla F14.1) para un tragaluz dadas las condiciones de la habitación
N = número de tragaluces
A_s = área bruta de cada tragaluz.
A_{wp} = área del plano de trabajo (área de la habitación)

14.18.1.1 TRANSMITANCIA DEL ACRISTALAMIENTO DE CLARABOYAS

Las transmitancias netas en la ecuación anterior consideran los siguientes factores, algunos de los cuales pueden no estar presentes.

$$\tau_d = T_d \, \eta_w \, R_a \, T_c \, LLF \qquad \text{(F14.2)}$$

Donde:

T_d = transmitancia difusa del material del tragaluz
η_w = Eficiencia del pozo del tragaluz
R_a = área neta a bruta del tragaluz. Este factor convierte el área bruta del tragaluz en el área de la abertura real (dentro del marco), si son diferentes.
T_c = transmitancia de cualquier dispositivo de control, como una persiana.
LLF = factor de pérdida de luz que considera la acumulación de suciedad sobre el vidrio que reducirá la transmitancia del tragaluz

Tabla F14.1/ Coeficientes de Utilización para un Tragaluz Difuso

ρ_{cc} →	80				70				50			30			10			0
ρ_w →	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
RCR																		
0	1.19	1.19	1.19	1.19	1.16	1.16	1.16	1.16	1.11	1.11	1.11	1.06	1.06	1.06	1.02	1.02	1.02	1
1	1.08	1.03	.98	.94	1.05	1.00	.96	.92	.96	.93	.89	.92	.89	.87	.88	.86	.84	.82
2	.97	.89	.81	.75	.95	.87	.80	.74	.83	.78	.73	.80	.75	.71	.77	.73	.69	.67
3	.89	.77	.69	.62	.86	.76	.68	.61	.73	.66	.60	.70	.64	.59	.67	.62	.58	.56
4	.81	.68	.59	.52	.78	.67	.58	.52	.64	.57	.51	.62	.56	.50	.60	.54	.50	.47
5	.74	.61	.51	.45	.72	.60	.51	.44	.57	.50	.44	.55	.49	.43	.54	.48	.43	.41
6	.68	.55	.45	.39	.66	.54	.45	.39	.52	.44	.38	.50	.43	.38	.48	.42	.37	.35
7	.63	.49	.40	.34	.62	.49	.40	.34	.47	.39	.52	.46	.39	.33	.44	.38	.33	.31
8	.59	.45	.36	.30	.57	.44	.36	.30	.43	.35	.30	.42	.35	.30	.40	.34	.30	.28
9	.55	.41	.33	.27	.54	.41	.33	.27	.39	.32	.27	.38	.32	.27	.37	.31	.27	.25
10	.52	.38	.30	.25	0.5	.37	.30	.25	.36	.29	.24	.36	.29	.24	.35	.29	.24	.22

Similarmente,

$$\tau_D = T_D \, \eta_w \, R_a \, T_c \, LLF \qquad \text{(F14.3)}$$

Donde:

T_D = transmitancia directa del material del tragaluz. Otros términos se enumeran en la Ecuación F14.3.

T_d y T_D no siempre los proporciona el fabricante de tragaluces. Sin embargo, los valores de transmitancia de las láminas planas generalmente están disponibles para las capas de acristalamiento individuales. Si los tragaluces son abovedados, el material se vuelve más delgado que la lámina plana a partir de la cual fue creado, lo que puede aumentar la transmitancia difusa. En este caso, la transmitancia del domo generalmente se determina de la siguiente manera:

$$T_{DM} = 1.25 \, T_{FS}(1.18 - 0.416 \, T_{FS}) \qquad \text{(F14.4)}$$

Donde:

Donde T_{FS} = transmitancia de lámina plana.

Cuando se combinan dos capas en un tragaluz para crear un acristalamiento aislado, la transmitancia combinada de los dos materiales se puede aproximar usando la siguiente ecuación:

$$T = \frac{T_1 \, T_2}{1 - \rho_1 \, \rho_2} \qquad \text{(F14.5)}$$

Donde:

T_1, T_2 = transmitancias difusas de los domos individuales calculadas mediante la ecuación F14.4

ρ_1, ρ_2 = reflectancias de los dos materiales del domo

En el caso de tres capas, la siguiente ecuación se aplica para las capas 1, 2 y 3 [68].

$$T = \frac{T_1 T_2 T_3}{(1 - R_3)(1 - R_2 R_2) + T_1 T_2 R_3} \qquad \text{(F14.6)}$$

14.18.1.2 EFICIENCIA DEL POZO VERTICAL La eficiencia del pozo para un tragaluz se determina a partir de gráficos y ecuaciones. Para un pozo vertical rectangular, la eficiencia del pozo se basa en la relación de cavidades del pozo (WCR) y la Figura F14.1 [47].

$$WCR = \frac{5h(w+l)}{w \times l} \qquad (F14.7)$$

h = altura del pozo rectangular
w = ancho del pozo rectangular
l = largo del pozo rectangular

14.18.1.3 EFICIENCIA DEL POZO ENSANCHADO

Para un pozo ensanchado, la eficiencia del pozo se basa en la forma del pozo. Suponiendo que las aberturas superior e inferior son rectangulares y paralelas, el factor de forma entre estas dos aberturas determina la contribución de luz natural entre el acristalamiento difuso y la abertura a la habitación (consulte la ecuación F10.5). Luego se calcula la eficiencia de un pozo no corregido η'_{pozo} , utilizando este valor insertándolo en la siguiente ecuación, que supone una reflectancia del 0% para el acristalamiento [47].

$$\eta'_{pozo} = F_{t-b} + \frac{\rho_w (R_w - F_{t-b})(1 - F_{t-b})}{[R_w - \rho_w (R_w - R_b + 2F_{t-b} - 1)]} \qquad (F14.8)$$

Donde:

F_{t-b} = factor de intercambio de flujo entre la parte superior e inferior del pozo, que puede determinarse a partir de la Ecuación F10.5, para un pozo ensanchado con sección transversal rectangular.

ρ_w = Reflectancia de la pared del pozo
R_w = $A_{paredes} / A_{arriba}$
R_b = A_{abajo} / A_{arriba}

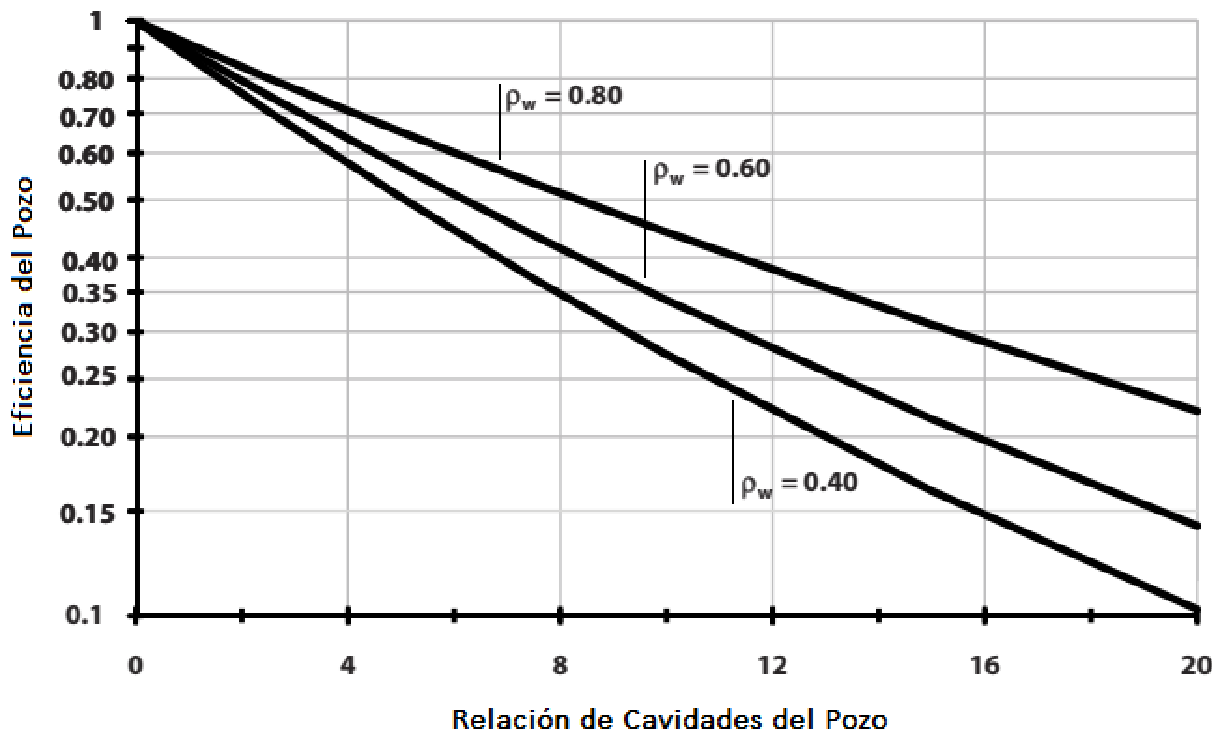
Luego, la eficiencia del pozo se corrige utilizando el siguiente factor de corrección, que ajusta la reflectancia del pozo para una reflectancia del acristalamiento del 10, 30 o 50 % y también para tener en cuenta la falta de uniformidad de la luminancia en las paredes del pozo. Se puede aplicar la interpolación para obtener factores de corrección para otros valores de reflectancia.

Para $\rho_{acristalamiento} = 0.10$:

$$C = 1/[23.362\, F_{t-b}^6 - 82.616\, F_{t-b}^5 + 117.08\, F_{t-b}^4 - 85.028\, F_{t-b}^3 + 33.662\, F_{t-b}^2 - 7.1436\, F_{t-b} + 1.6973] \qquad (F14.9)$$

FIGURA FI 4.1 | EFICIENCIA DEL POZO CON TRAGALUZ VERTICAL

La eficiencia del pozo es la fracción de luz que pasa a través de un pozo, suponiendo que ingresa de manera difusa. Es una función de la reflectancia y la forma del pozo (WCR). La reflectancia del acristalamiento supuesta es del 10%.



Para $\rho_{\text{acristalamiento}} = 0.30$:

$$C = 1/[22.009\,F_{t-b}^{6} - 78.653\,F_{t-b}^{5} + 112.59\,F_{t-b}^{4} - 82.482\,F_{t-b}^{3} + 32.823\,F_{t-b}^{2} - 6.9077\,F_{t-b} + 1.6331] \quad \text{(F14.10)}$$

Para $\rho_{\text{acristalamiento}} = 0.50$:

$$C = 1/[20.687\,F_{t-b}^{6} - 74.463\,F_{t-b}^{5} + 107.81\,F_{t-b}^{4} - 79.753\,F_{t-b}^{3} + 31.93\,F_{t-b}^{2} - 6.6667\,F_{t-b} + 1.5692] \quad \text{(F14.11)}$$

Finalmente, la eficiencia del pozo extendido se puede determinar de la siguiente manera:

$$\eta_{\text{pozo extendido}} = \eta'_{\text{pozo}} \times C \quad \text{(F14.12)}$$


©2005 Gene Meadows

15 / DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

"... la verdad visual reside en la estructura de la luz."

Richard Kelly - Diseñador de iluminación y arquitecto del siglo XX.

CONTENIDO

El diseño de iluminación eléctrica sigue los mismos principios que los del diseño de iluminación natural: todos descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. Aunque la presentación en este manual puede implicar flujos de trabajo distintos y lineales, avanzar en la iluminación en cualquier proyecto implica iluminación natural e iluminación eléctrica y ambas deben integrarse y trabajar juntas para lograr una eficiencia, comodidad visual, productividad y seguridad óptimas. Además, la iluminación no está aislada de otras disciplinas. y exige continuos esfuerzos de integración con el resto de sistemas constructivos.

Los tres desafíos principales en el diseño de iluminación eléctrica son:

1) establecer la amplitud y profundidad de los criterios descritos en el Capítulo 12,

2) integrarse con la iluminación natural para lograr un diseño de iluminación eficiente y unificado, y

3) finalizar esquemas y equipos para abordar los criterios e integración.

La presentación aquí está más relacionada con el desarrollo de la iluminación con esquemas que conducen a diseños de iluminación. Lo que sigue ayudará al miembro del equipo que presta servicio en el papel de diseñador de iluminación para establecer y evaluar esquemas de iluminación para abordar las variaciones de numerosos aspectos analíticos y estéticos identificados en el Capítulo 12. Este material asume un grado de familiaridad con los cuatro capítulos anteriores. Este

capítulo aborda la Iluminación eléctrica para proyectos de obra nueva, renovación y restauración. Los procedimientos aquí presentados son varios de muchos y no conducirán por sí mismos a una solución completa o satisfactoria de diseño, para la adaptación de lámparas y balastos, controladores y transformadores a sistemas existentes.
Para consultar luminarias o diseños, consulte 17.3 Actualizaciones del sistema de iluminación.

15.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Los sistemas de iluminación eléctrica constan de luminarias y controles. “Luminarias” abarca en términos generales lámparas, balastos, controladores y transformadores, medios ópticos y carcasas y acabados. Muchas luminarias abordan muy bien una serie de aspectos funcionales y/o estéticos. Conocer la cantidad de luminarias disponibles y sus características es sinónimo de éxito. Este capítulo describe varias luminarias y algunas de sus características, pero no es exhaustivo. El material aquí intenta ser comercialmente neutral. En menor grado, esta presentación intenta ser neutral en cuanto a moda, aunque las fotografías de la instalación por sí solas identifican las tendencias de la época de la instalación. Las maquetas o en muchas situaciones, simples revisiones de muestras operativas ayudan al diseñador a evaluar el estilo, la calidad y los efectos de iluminación.

Tres sistemas de iluminación fundamentales son dignos de consideración para cualquier aplicación, interior o exterior: **ambiente**, **tarea** y **acento o acentuación**. Nada es superfluo, pero hay situaciones en las que una estrategia que utilice una o dos de estas técnicas puede lograr resultados adecuados.

15.1.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN FUNDAMENTALES

Tres efectos de iluminación elementales que se consideran tienen una profunda influencia en las personas con las que fueron articulados a mediados del siglo XX por el pionero de la iluminación arquitectónica Richard Kelly. Se trataba de luminiscencia ambiental, brillo focal y juego de brillos. [1] También podrían denominarse iluminación de fondo general, resaltado de tareas y brillo o deslumbramiento. Estos se distinguen hoy en día en tres sistemas de iluminación fundamentales: iluminación ambiental; iluminación de la tarea; e iluminación de acento.

La iluminación ambiental*, tal como se utiliza aquí, es un sistema que produce un fondo general de luz que puede proporcionar o no toda la iluminancia necesaria para el desempeño de la tarea. Esto supone que el efecto es una iluminancia uniforme en los planos de las tareas.*

La iluminación de tareas*, tal como se utiliza aquí, es un sistema que produce luz localizada en áreas específicas de los planos en los que se ubica la tarea o tareas. Dependiendo de las técnicas utilizadas, se resaltan los resultados de las tareas.*

La iluminación de acento*, como se usa aquí, es un sistema que produce efectos de luz para alivio visual, percepciones generales de brillo, atracción visual y orientación. Muchas veces el acento llama la atención sobre características, objetos y detalles diseñados o programados. Esto podría abordar, entre otros, obras de arte bidimensionales y tridimensionales, exhibidores, materiales decorativos y acabados como vidrio, metal, madera, piedra y cuero y elementos arquitectónicos dimensionales como calas y nichos. En algunas técnicas, las luminarias por sí solas sirven como acentos decorativos.*

Las técnicas de iluminación que abordan los factores de diseño de iluminación que se consideran importantes en 12.2 Factores espaciales, 12.3 Factores psicológicos y 12.5 Factores de tarea, establecerán colectivamente sistemas ambientales de tareas o de acento según los tipos de espacio y las actividades. Los sistemas cuidadosamente administrados que consisten en varias técnicas pueden ofrecer beneficios de eficiencia e interés visual sobre enfoques de una sola técnica simplemente diseñados para altos valores de iluminancia o enfoques que no se basan en los principios

descritos en el Capítulo 12. Lo que sigue es una breve guía de técnicas, algunas opciones de equipo y varios ejemplos. El cumplimiento de los criterios técnicos y de planificación es de rigor. Sin embargo, las técnicas de iluminación y las opciones de equipos están más limitadas por la imaginación de los diseñadores que por el cumplimiento de criterios técnicos como los objetivos de iluminancia y 12.7 Factores prescritos.

15.1.1.1 ILUMINACIÓN AMBIENTAL

La iluminación ambiental se distingue por su cobertura típicamente perfecta, donde la iluminación es consistente en un área o zona amplia. La iluminación ambiental es al menos parcialmente responsable de las impresiones generales de brillo y comodidad o de las sensaciones de penumbra o deslumbramiento y normalmente afecta a todos los usuarios en un entorno determinado. Dado que la iluminación ambiental abordará parcial o totalmente las relaciones de luminancia, también es responsable del grado de fatiga visual que experimentan, si la hay, los usuarios de espacios a largo plazo. El grado en que la iluminación ambiental contribuye a la iluminancia total en cualquier área o espacio determinado generalmente se basa en los tipos de tareas y aplicaciones involucradas y los tamaños de las áreas de tareas. La figura 12.22 ilustra la distinción entre tarea propiamente dicha y área de tarea. Hay situaciones en las que la iluminación ambiental sirve simultáneamente como iluminación de trabajo o iluminación de acento, como lo ilustran de diversas formas las Figuras 15.1, 15.2, 15.3 y 15.4.

La iluminación ambiental se puede lograr con equipos montados en el cielorraso o en paredes, pisos, muebles o en rasante. Para aplicaciones interiores, la iluminación ambiental procedente de equipos montados en el cielorraso es la más común. Las técnicas para esto son empotradas, semiempotradas, montadas en superficie o suspendidas. La Tabla 15.1 describe algunos aspectos de las opciones lineales. Las figuras 15.5a, 15.5b, 15.5c y 15.5d ilustran algunas aplicaciones respectivas. Algunas opciones se enumeran como "detalles", como paneles de yeso arquitectónicos, carpintería u otras construcciones que ocultan los herrajes de las luminarias a la vista. Otras opciones citadas consisten en equipos listos para usar, completamente terminados y destinado a ser vistos. En situaciones de trabajo donde se requiere o desea concentración o una duración prolongada de las tareas visuales, la iluminación ambiental y de la tarea se coordinan para cumplir con los criterios descritos en 12.5.5.5 Relaciones de iluminancia y en la Tabla 12.6. Recomendaciones de relación de iluminancia predeterminada. Además de las recomendaciones de objetivos de iluminancia en cada capítulo de aplicación de este manual, también se pueden citar valores de uniformidad de iluminancia. Estos deben usarse en lugar de los valores predeterminados. Cuando no se planifica ni es práctico ningún tipo de iluminación para tareas, la contribución de la iluminancia de la iluminación ambiental puede ser del 100 por ciento, como la que se muestra en las Figuras 15.1, 15.2, 15.3 y 15.4. Si se espera que la iluminación ambiental contribuya con al menos el 30 por ciento de la iluminancia en la tarea o donde las áreas de cobertura de iluminación ambiental son mayores que unos pocos cientos de pies cuadrados, entonces las reflectancias de la superficie deben ser al menos los valores recomendados por IES de 90-60-20. (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de techos, paredes y pisos respectivamente); de lo contrario, los fondos pueden considerarse demasiado tenues y/o los LPD pueden ser innecesariamente altos. Como lo indica la Tabla 15.1, existen innumerables opciones, sólo para iluminación ambiental lineal montada en el cielorraso. Existe una variedad similar de opciones de iluminación no lineal para ambientes montados en el ccielorraso (consulte la Figura 15.6), al igual que muchas opciones para iluminación ambiental montada en muebles, paredes y pisos. La iluminación ambiental montada en la pared se ilustra de dos formas en la Figura 15.7. En las Figuras 15.8 y 15.9 se muestra un ejemplo montado en el piso. La figura 15.10 es representativa de la iluminación ambiental montada en rasante. Consulte 8.3 Tipos de luminarias para obtener más información sobre la variedad de luminarias.



FIGURA 15.1 | SISTEMA DE ILUMINACIÓN AMBIENTAL Este vestíbulo de entrada/intermedio a un auditorio con capacidad para 3500 personas utiliza luminarias modeladas según originales históricos. La iluminación hacia arriba desde el cuenco abierto proporciona luminancias de cielorraso apropiadas para una sensación general de brillo y apropiadas para un área de reunión densamente ocupada donde el reconocimiento facial es importante para la conversación. Los apliques se introducen como acentos en las entradas al auditorio propiamente dicho. Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.



FIGURA 15.2 | SISTEMA DE ILUMINACIÓN AMBIENTAL El área definida por estanterías bajas y mesas de lectura en el lado derecho está iluminada con colgantes lineales que cumplen una función ambiental y de tarea. En primer plano, la iluminación de las estanterías bajas se aborda con el sistema de iluminación ambiental. En las mesas de lectura al fondo, el mismo sistema de iluminación ambiental proporciona luz general con un sistema de iluminación de tareas compuesto por luminarias de mesa que brindan iluminación suplementaria para abordar la necesidad de mayores iluminancias en las mesas de lectura. Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.



FIGURA 15.3 | SISTEMAS DE ILUMINACIÓN AMBIENTAL/DE ACENTO

Evitando un techo plano, el arquitecto diseñó un conjunto de deflectores acústicos verticales para el área de comedor/reunión de esta escuela secundaria. La iluminación del conjunto de deflectores se identificó en la programación de factores espaciales (definición espacial) y relaciones de luminancia (para evitar que las luminancias de la luz del día abrumen el reconocimiento facial, como es común cuando las tareas se recortan contra la luz del día). El acento del deflector se combina con el énfasis nítido creado por los downlights (luz-abajo) para crear un sistema de iluminación ambiental. Tenga en cuenta el uso de paisajismo para minimizar las luminancias de la luz del día.

» Imagen © Fotografía de Bill Lindhout



FIGURA 15.4 | SISTEMA DE ILUMINACIÓN AMBIENTAL

La iluminación de esta área de estudio de la escuela secundaria se identificó en la programación para abordar el aspecto agradable (escala de luminarias, diseño y luminancias). Aunque el presupuesto era ajustado, el deslumbramiento, el orden visual y la escala de las luminarias (relacionadas cómodamente con las personas donde los cielosrrasos son relativamente bajos) fueron aspectos clave que dieron como resultado luminarias lineales relativamente pequeñas, en su mayoría indirectas. Las lámparas colgantes lineales y su luz indirecta distinguen el área del resto. Más carácter peatonal de la iluminación de circulación. Imagen © Fotografía de Bill Lindhout

La iluminación ambiental para situaciones de trabajo debe abordar la comodidad y el rendimiento del usuario a largo plazo. En situaciones informales, de transición y/o muy sociales o en situaciones en las que las escenas de iluminación se pueden cambiar según su función, la iluminación ambiental puede ser bastante dramática pero apropiadamente segura y cómoda, particularmente cuando los usuarios son principalmente sedentarios. Las figuras 15.11 y 15.12 ilustran situaciones de iluminación espectacular donde la iluminación ambiental no es uniforme o se considera iluminación de acento. Hay aplicaciones en las que la iluminación ambiental o de trabajo no necesita cumplir un objetivo de iluminancia, pero establece un contraste de luminancia apropiado para la orientación, como se ve en la Figura 15.13. Estas son situaciones típicamente residenciales donde el código o los estándares de aplicación no exigen iluminancias mínimas ni límites de uniformidad. En estas situaciones, un contraste de luminancia colocado apropiadamente es suficiente para realizar la tarea: atravesar las escaleras circulares desde la cubierta del techo hasta la terraza del suelo.

Independientemente de la contribución de la iluminancia de la iluminación ambiental, se deben cumplir todos los requisitos del código con respecto a la iluminancia. Los objetivos recomendados por IES se basan en más de un siglo de investigación y experiencia en aplicaciones con visión y luz y son indicativos de condiciones apropiadamente seguras, cómodas y productivas durante el funcionamiento con energía normal cuando se diseñan adecuadamente. Sin embargo, las autoridades del código tienen la determinación final sobre las iluminancias. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

En cualquier caso, si bien esta discusión se ha centrado en la iluminancia, el éxito es difícil de alcanzar sin diseñar una iluminación que reconozca la profundidad de la programación descrita en 11 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN: EN EL PROCESO DE DISEÑO DEL EDIFICIO y abordar los factores y criterios descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN.

Las estrategias de control de iluminación ambiental varían según la aplicación, el alcance de la iluminación de tareas y de acento, el alcance de la iluminación natural y su integración con la iluminación eléctrica y el enfoque de iluminación ambiental. Ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN.

Cuadro 15.1 | Iluminación Ambiental Lineal Montada en el Cielorraso

Montaje	Del Factor	Configuración	Óptica/Apariencia	Distribución/Características/Advertencias
Empotrado	• Lineal	• Continua • Discreta	• Detalles [a] • Deflector • Con lente • Rejilla • Abierta [b] • Ranurada [c] • Combinación [d]	**Distribución:** Directa (ver 8.2.2.1 | Sistema CIE). **Características:** Aspecto personalizado; ancho de varias pulgadas a varios pies; longitud de varios pies a ilimitada; profundidad de varias pulgadas a varios pies. Utiliza módulos ópticos/lámpara/balasto/controlador disponibles en el mercado. **Advertencias:** el costo total de los detalles arquitectónicos puede ser mayor que el de las luminarias disponibles en el mercado; el grado fotométrico es difícil de alcanzar y exige un modelado cuidadoso; Las longitudes generalmente se basan en los módulos de lámpara disponibles.
			• Luminarias • Deflector ❶❷❸ • Con lente • Rejilla ❹❺ • Abierta [b] • Ranurada [c] • Combinación [d]	**Distribución:** Directa (ver 8.2.2.1 | Sistema CIE). **Características:** Ancho de varias pulgadas a quizás un pie; longitud de varios pies a ilimitada; profundidad de varias pulgadas a quizás un pie. Ópticas, lámparas y balastros/controladores integrales. **Advertencias:** La construcción del cielorraso debe adaptarse a las longitudes modulares y métodos de montaje disponibles, a menos que se utilicen luminarias y/o cielorrasos personalizados; Las tiradas más largas exigen molduras y/o carcasas extruidas o de calibre pesado y uniones robustas y finamente detalladas para mantener una verdadera linealidad.
Semi empotrado Superficial	• Lineal	• Continua • Discreta	• Detalles [a] • Deflector • Con lente • Rejilla • Abierta [b] • Ranurada [c] • Combinación [d]	**Distribuciones:** Directa, Semidirecta y General Difusa (ver 8.2.2.1 | Sistema CIE). **Características:** Aspecto personalizado; ancho de varias pulgadas a varios pies; longitud de varios pies a ilimitada; profundidad de varias pulgadas a varios pies. Utiliza módulos ópticos/lámpara/balasto/controlador disponibles en el mercado. **Advertencias:** el costo total de los detalles arquitectónicos puede ser mayor que el de las luminarias disponibles en el mercado; el grado fotométrico es difícil de alcanzar y exige un modelado cuidadoso; Las longitudes generalmente se basan en los módulos de lámpara disponibles.
			• Luminarias • Deflector • Con lente • Rejilla • Abierta [b] • Ranurada [c] • Combinación [d]	**Distribución:** Directa, Semidirecta y General Difusa (ver 8.2.2.1 | Sistema CIE). **Características:** Ancho de varias pulgadas a quizás un pie; longitud de varios pies a ilimitada; profundidad de varias pulgadas a quizás un pie. **Advertencias:** La construcción del cielorraso debe adaptarse a las longitudes modulares y métodos de montaje disponibles, a menos que se utilicen luminarias y/o cielorrasos personalizados; Las tiradas más largas exigen molduras y/o carcasas extruidas o de calibre pesado y uniones robustas y finamente detalladas para mantener una verdadera linealidad.
Colgante	• Lineal	• Continua • Discreta	• Detalles [a] • Deflector • Con lente • Rejilla • Abierta [b] • Ranurada [c] • Combinación [d]	**Distribución:** Directa, Semidirecta, General Difusa, Directa-indirecta, Semiindirecta e Indirecta (ver 8.2.2.1 | Sistema CIE). **Características:** Aspecto personalizado; ancho de varias pulgadas a quizás varios pies; longitud continua ilimitada; longitud discreta típicamente de 4' a 8'; profundidad de varias pulgadas a varios pies. Utiliza módulos ópticos/lámpara/balasto/controlador disponibles en el mercado. Varios métodos de suspensión (vástagos, cable de avión, puntales rígidos, placas verticales) para apariencias diferentes y únicas. **Advertencias:** El costo total de los detalles arquitectónicos puede ser mayor que el de las luminarias personalizadas de fábrica y/o disponibles en el mercado; el grado fotométrico es difícil de alcanzar y exige un modelado cuidadoso; longitudes típicamente basadas en módulos de lámpara disponibles; Detalles de los elementos de suspensión y alimentación(es) de potencia críticos.
			• Luminarias • Deflector • Con lente • Rejilla • Abierta [b] • Ranurada [c] ❻ • Combinación [d]	**Distribución:** Directa, Semidirecta, General Difusa, Directa-indirecta, Semiindirecta e Indirecta (ver 8.2.2.1 | Sistema CIE). **Características:** Ancho de varias pulgadas a quizás un pie; longitud ilimitada; profundidad de varias pulgadas a quizás un pie. **Advertencias:** La construcción del cielorraso debe adaptarse a los tipos y ubicaciones típicos de suspensión y alimentación de energía, que no necesariamente están espaciados en módulos incrementales que simpaticen con el diseño del cielorraso; Las tiradas más largas exigen molduras y carcasas extruidas y uniones robustas y finamente detalladas para mantener una verdadera linealidad.

a. Por lo general, consta de carpintería, paneles de yeso o detalles arquitectónicos metálicos que albergan luminarias.
b. El término "abierto" se refiere a lineales que exhiben lámparas desnudas o lámparas con cubiertas o protectores ajustados para una apariencia abierta hacia la cámara de la lámpara.
c. El término "ranura" se refiere a elementos lineales que exhiben compartimentos con labios de retorno para una apariencia abierta pero en un vacío donde las lámparas están ocultas a la vista.
d. Combinaciones de cualquiera de las ópticas/aspectos antes mencionados.



FIGURA 15.5A | AMBIENTE EMPOTRABLE EN EL TECHO, CONTINUO, LINEAL, CON LENTE

La luz ambiental (a la izquierda) para la circulación y la iluminación de los lotes en esta biblioteca se logra con la técnica de luminarias continuas lineales empotradas en el cielorraso. ①

La fila lineal consta de unidades de 6" de ancho por 4' de largo montadas de extremo a extremo . Las luminarias exhiben una lente regresiva para una apariencia dimensional y utilizan lámparas F28W/T5/835 y balastros no atenuados. Se muestra otra iluminación en áreas adyacentes.

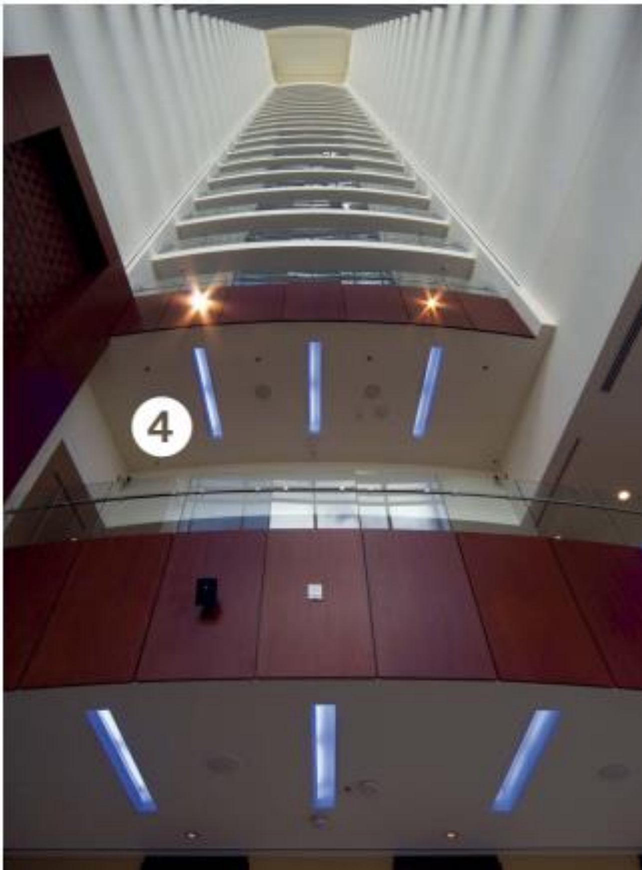
» Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.



FIGURA 15.5B | AMBIENTE EMPOTRABLE EN EL TECHO CON LENTE LINEAL DISCRETA

Parte de la luz ambiental para la circulación y la interacción social en esta piscina cubierta se logra con la técnica ② de luminarias discretas lineales empotradas en el cielorraso. La luminaria discreta consta de una carcasa de aluminio extruido de 3" de ancho por 4' de largo. Las luminarias exhiben una lente difusa empotrada con un borde sin bridas para una apariencia "sin costuras" con el plano del cielorraso y usa lámparas F28W/T5/830 y balastros no atenuados. Al ejecutar la dimensión lineal perpendicular a la tangente del arco, el patrón de espacios reducidos funciona para acentuar el arco. Un patrón similar de luminarias idénticas está montada en la pared e iluminada con lámparas F28W/T5/azules para una apariencia más decorativa ③

» Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com



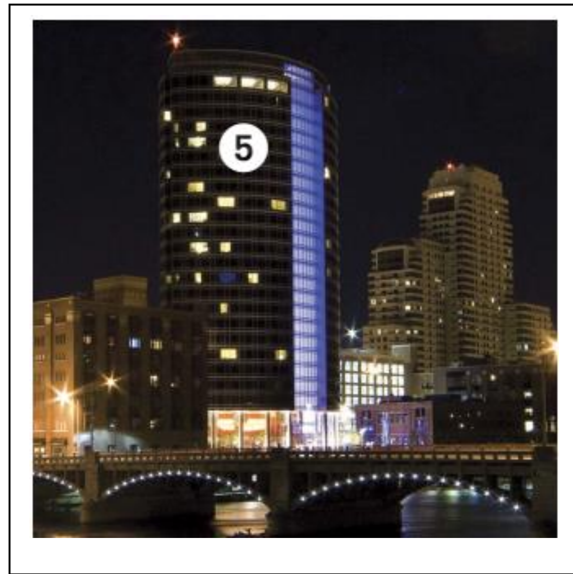


FIGURA 15.5C | RANURA LINEAL DISCRETA EMPOTRADA EN EL TECHO AMBIENTAL

Las ranuras lineales abiertas crean la iluminación ambiental de los vestíbulos de los ascensores en este hotel de 18 pisos. ④

La luminaria discreta consta de una carcasa de calibre 20 de 9" de ancho por 6' de largo y un borde de aluminio extruido. La abertura de la ranura exhibe un borde mínimo para una apariencia de "corte de cielorraso". La luminaria utiliza lámparas F39W/T5HO/azules y balastros no atenuados. Las lámparas están ocultas a la vista a lo largo de un lado, esencialmente una cala lineal. Toda la luz se refleja desde dentro de la ranura. Un diseño radial acentúa el arco de planificación. Por la noche, la luz ambiental de colores se refleja en las paredes y el cielorraso blancos del vestíbulo de cada ascensor para dar una continuidad en el horizonte ⑤ sin luces de fachada o potencia interior excesiva. Downlights F32W/Triple/830 en las puertas de los ascensores y el efecto de constancia del color (los colores, como los tonos de la piel y la ropa, conservan su apariencia de color a pesar de los cambios en el color de la fuente de luz) permite que la luz azul tenga éxito en este espacio de transición, aunque contribuya a la experiencia general del huésped.

» Image©KevinBeswick,www.ppt-photographics.com



FIGURA 15.5D | COMBINACIÓN LINEAL DISCRETA COLGANTE DE TECHO AMBIENTAL

La luz ambiental para conferencias se logra con la técnica de luminaria discreta lineal montada en el cielorraso. La luminaria ⑥ lineal consta de una carcasa de aluminio extruido de 3" de ancho por 41/2 de ancho por 13' de largo. La luminaria exhibe una lente inferior al ras y una parte superior abierta. La iluminación ambiental empotrada utiliza lámparas F54W/T5HO/830 y balastros de atenuación. El compartimiento de iluminación ascendente utiliza lámparas F54W/T5HO/830 y balastros de atenuación. En combinación con la iluminación ambiental directa-indirecta, dos lámparas halógenas/RLV/MR16 de 37W brindan iluminación de trabajo suplementaria.
» Imagen ©Beth Singer Photographer, Inc.

15.1.1.2 ILUMINACIÓN DE TAREAS

La iluminación de tareas se caracteriza por iluminación específicamente localizada para la tarea junto con iluminación ambiental para abordar una tarea específica o un área de tarea específica. En una oficina típica, la iluminación de tareas se puede lograr con un sistema de luminarias en los escritorios o un sistema de luminarias montadas en el cielorraso correlacionadas con las ubicaciones de los escritorios. Estos están diseñados y controlados para afectar sólo áreas de tareas específicas que se iluminan. La iluminación de tareas de un lote de biblioteca se ilustra en la Figura 15.14. El control de esta iluminación de trabajo puede ofrecer reducciones significativas de energía siempre que la función no interfiera con el uso esperado de la instalación. Por ejemplo, los ciclos periódicos rápidos de atenuación y brillo o peor aún, el encendido y apagado de las luces de las estanterías de una biblioteca pública perturbarán gravemente la lectura de los usuarios a menos que las áreas de las estanterías estén bien protegidas de las áreas de lectura. En las Figuras 15.15 se muestra un enfoque de iluminación de trabajo más convencional. En estas situaciones, la iluminación de la tarea contribuye significativamente a la iluminancia general de la tarea, pero es responsable de una pequeña proporción del LPD general. Tenga en cuenta que las definiciones funcionales de iluminación ambiental, de trabajo y de acento pueden

no ser paralelas a las de códigos y estándares. Clasificar la iluminación de acuerdo con las definiciones de códigos y/o estándares para cumplir con sus respectivos requisitos. Por ejemplo, algunos códigos pueden considerar la iluminación de acento como iluminación “decorativa”.

Hay aplicaciones de tareas en las que la iluminación de tareas no necesita cumplir con un objetivo de iluminancia, pero establece un contraste de luminancia apropiado para la orientación, como se ve en la Figura 15.13. Estas son situaciones típicamente residenciales donde el código o los estándares de aplicación no exigen iluminancias mínimas ni límites de uniformidad. Independientemente de la contribución de iluminancia de la iluminación de trabajo, se deben cumplir todos los requisitos del código con respecto a la iluminancia. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN. Las estrategias de control de iluminación de tareas varían según la aplicación, el alcance de la iluminación ambiental y de acento, el alcance de la iluminación natural y su integración con la iluminación eléctrica y el enfoque de iluminación ambiental. Ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN.

15.1.1.3 ILUMINACIÓN DE ACENTO

La iluminación de acento es una necesidad en muchas situaciones de trabajo, la iluminación de acento minimiza los efectos fatigantes de la visualización de tareas de cerca durante mucho tiempo y proporciona alivio visual…



FIGURA 15.6 | LUCES AMBIENTALES DECORATIVAS MONTADAS EN SUPERFICIE PARA CIELORRASO

Las luces decorativas montadas en superficie brindan una luz ambiental difusa a esta sala de gimnasia residencial. La iluminancia vertical (iluminación de la figura humana) es importante para la autoestima y la evaluación del progreso (de ahí los espejos).

» Imagen ©Andrea Rugg Fotografía/Beateworks/Corbis





FIGURA 15.7 | AMBIENTE MONTADO EN LA PARED

Las escaleras y los rellanos de este edificio están iluminados con equipos montados en la pared. Los pasamanos LED se utilizan en las escaleras para iluminar los escalones ①. Se utiliza una serie de cinco apliques de pared lineales orientados verticalmente para iluminar cada rellano del piso superior ②

» Imagen ©Nelson Breech Nave, AIA, Arquitecto



FIGURA 15.8 | AMBIENTE EMPOTRADO EN EL PISO Una iluminación ascendente continua en el piso proporciona luz ambiental nominal dado el acabado y la geometría de este pasillo. La lámpara común es fluorescente lineal. Aunque se trata de un efecto único y agradable, estas soluciones muchas veces están impulsadas por la necesidad: dónde montar y cómo integrar el equipo de iluminación. Las luces discretas de suelo son un método similar (ver Figura 15.9)

» Imagen ©Michael Kai/Corbis



FIGURA 15.9 | AMBIENTE EMPOTRADO EN EL PISO
Las discretas luces ascendentes empotradas en el piso brindan luz ambiental nominal apropiada para situaciones residenciales o de hotelería. Las lámparas comunes son CFL, CMH y LED. Las luces continuas empotradas en el suelo son un método similar (ver Figura 15.8)
» Imagen ©Marc Gerritsen/Look Photography/Corbis



FIGURA 15.10 | LAS FAROLAS AMBIENTALES MONTADAS A NIVEL
Proporcionan iluminación ambiental en zonas exteriores de vías peatonales y terrazas. Aquí la luz se dirige hacia un disco reflector y se difunde hasta el suelo. Las ventajas son menos deslumbramientos e iluminancias verticales más uniformes necesarias para el reconocimiento facial y una mayor sensación de seguridad. La lámpara común es CMH.
» Imagen ©Alan Schein Fotografía/Corbis



FIGURA 15.11 | EL ACENTO PERIMETRAL UNIFORME

Como el lavado luminoso de pared (washing-wall) ambiental de las superficies de las paredes proporciona una mayor iluminación en las proximidades de los asientos y al mismo tiempo, proporciona iluminación al suelo para la circulación. La tarea de sentarse/lectura informal tiene un objetivo de iluminancia recomendado por IES asociado y el área de cobertura es la altura del regazo en el área para sentarse. La tarea de circulación pública tiene otro objetivo de iluminancia recomendado por IES asociado y el área de cobertura es el piso. El criterio de relación de uniformidad de iluminancia sobre el área del piso es de 2:1 de promedio a mínimo. Sin embargo, sin una recomendación de máximo a mínimo, la iluminancia máxima de la zona del suelo en las proximidades de la zona de estar puede superar la iluminancia media del suelo tres o incluso cuatro veces, lo que da como resultado un máximo a un mínimo de 6:1 o incluso 8:1. . Tales variaciones son aceptables cuando las áreas de circulación son relativamente grandes y el gradiente del máximo al mínimo es gradual. » Imagen ©Sanna Lindberg/ès Photography/Corbis



FIGURA 15.12 | ACENTO PERIMETRAL NO UNIFORME COMO AMBIENTE

Presentar una pared con un ritmo de vieiras y resaltar patrones de piso más oscuros da como resultado una condición de iluminación más relajada y privada: la mesa no está iluminada deliberadamente. Ver Tabla 12.2 | Impresiones subjetivas. Esto funciona para áreas pequeñas de respiro de las áreas de trabajo. La tarea de dicho salón es la interacción/conversación social y tiene asociado un objetivo de iluminancia recomendado por IES y el área de cobertura para la iluminancia vertical es la altura de la cara del sentado en el área de estar; el área de cobertura para la iluminancia horizontal es la superficie de la mesa. El criterio de relación de uniformidad de iluminancia sobre el área del piso es de 4:1 de promedio a mínimo. Sin embargo, sin una recomendación de máximo a mínimo, la iluminancia máxima en la zona del piso en toda la vista podría exceder la iluminancia promedio del piso tres o cuatro veces, lo que llevaría a un máximo a mínimo de 12:1 o mayor. Estas proporciones suelen ser aceptables y toleradas en áreas de tráfico relativamente bajo o de ritmo lento y donde los planos del piso no muestran cambios en la elevación y/o donde las transiciones de materiales están demarcadas con cambios de contraste (como en el piso de oscuro a claro en la transición mostrada).

» Imagen ©Dan Forer/Beateworks/Corbis

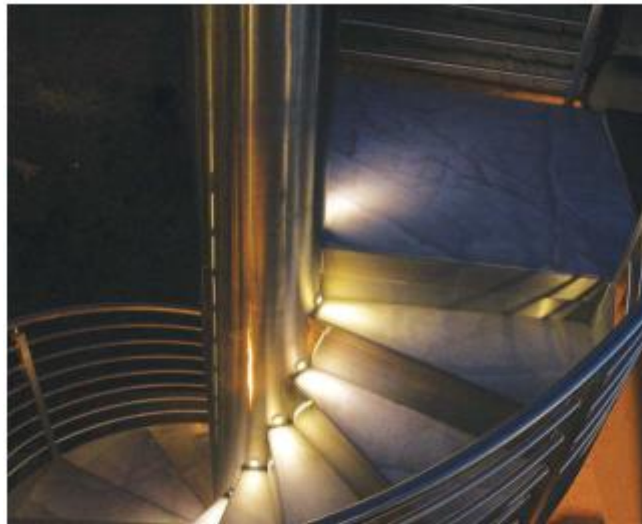


FIGURA 15.13 | TAREA CONTRASTE SOLITARIO
Cada escalón de una escalera circular exterior residencial se ilumina con una luz LED para escalones de pequeño diámetro de 0,5 W/3300 K. Aquí, donde la velocidad de ascenso es relativamente poco importante, el paso simultáneo en múltiples direcciones es improbable, el volumen es bajo y donde las personas están familiarizadas con la situación, la identificación de cada escalón (y, por el contrario, cada contrahuella) es más importante que un objetivo de iluminancia específico.
» Imagen ©GarySteffyLightingDesign Inc.

…abordando aspectos de luminancia. Además, la iluminación de acento aborda algunos factores espaciales y psicológicos (consulte 12.2 Factores espaciales y 12.3 Factores psicológicos). En situaciones más informales y de transición, la iluminación de acento por sí sola puede abordar las necesidades de iluminación de los usuarios (ver Figura 15.11). La iluminación de acento también se puede utilizar para ayudar a orientarse y establecer los límites del espacio sin la monotonía visual y la carga de equipos y potencia de aplicar iluminación ambiental uniformemente en todas partes. La iluminación de acento suele afectar a todos o a muchos usuarios en una situación determinada.

Un sistema de iluminación de acento acentúa objetos o características o puede consistir en luminarias que exhiben un toque artístico o un acento luminoso. Acentuar puede ser tan simple como resaltar las superficies de las paredes como se ilustra en las Figuras 12.11ª y 11b, 12.12, 15.5d y 15.16. La figura 15.17 ilustra una aplicación convencional de iluminación de acento.

A diferencia de los sistemas de iluminación ambiental y de tareas, es posible que la iluminación de acento no contribuya significativamente a la iluminancia. No existen reglas generales para establecer una proporción de la contribución de la iluminación procedente de la iluminación de acento. Los beneficios de la iluminación de acento incluyen mejorar las percepciones generales de brillo y proporcionar alivio visual. Además, se utiliza iluminación de acento para atraer la atención visual. La Tabla 15.2 describe las relaciones de iluminancia de acento para diversos grados de atracción visual.
Las piezas focales con reflectancias superiores al 50 por ciento requieren menos luz para atraerse que sus contrapartes de menor reflectancia. En muchas situaciones, las piezas focales están orientadas verticalmente, mientras que la iluminancia de la tarea utilizada como referencia base se aplica a planos horizontales. Las proporciones recomendadas se basan en esta distinción entre planos. Entonces, en una residencia tradicional donde se debe resaltar una pintura de tonos claros (el punto focal) para darle un acento sutil, la proporción de interés es 1:1 entre el punto focal y la tarea. Donde tarea es la iluminancia general de la habitación. Si la pintura se va a resaltar para darle un acento suave, la proporción es de 2:1 entre punto focal y tarea. Sin embargo, si se prefiere un acento dramático, la proporción es de 10:1.

Dos aspectos analíticos de la iluminación de acento que merecen atención son el gradiente del efecto de acento y la uniformidad en todo el efecto de acento. Los criterios dependen de la aplicación involucrada, la intención del diseño, las reflectancias de la superficie y las expectativas del usuario. Por ejemplo, un gradiente pronunciado puede ser deseable y aceptable en muchas aplicaciones, excepto cuando se trata de un trabajo visual concentrado o cuando se fomenta el estudio del objeto acentuado, como en los museos. Las figuras 12.12, 12.13, 15.12, 15.17, 15.18 y 15.19 ilustran gradientes pronunciados. Los degradados más suaves suelen ser más apropiados para los acentos utilizados en entornos de trabajo o en obras de arte o elementos donde se espera un descanso o estudio intencional y a largo plazo. La uniformidad en el efecto de acento también es muy importante cuando se fomenta el descanso o el estudio intencional de las obras y a largo plazo y cuando se desean lavados de grandes superficies. En obras de arte o elementos relativamente pequeños suele ser apropiada una uniformidad de 2 a 1 (2:1) de promedio a mínimo y 4:1 de máximo:mínimo. En obras de gran tamaño o elementos de superficie, las uniformidades de iluminancia como 10:1 máximo:mínimo o menos generalmente dan como resultado una apariencia superficial uniforme cuando el acabado de la superficie tiene un tono monolítico. Consulte la Figura 15.16 y en los capítulos posteriores las Figuras 28.3 (pared característica interior ②) y 29.7 (la imagen de abajo ilustra el acento del techo). Las gradientes y las uniformidades se pueden evaluar mediante cálculos y representaciones generadas por ordenador utilizando fotometría de luminarias reales.



FIGURA 15.14 | TAREA Y AMBIENTE BAJO

Una pila de biblioteca perimetral está iluminada por una luminaria lineal suspendida optimizada para abordar la iluminancia vertical a 30" APR. Esta es la luminaria de tarea. La geometría de montaje del colgante lineal le permite iluminar también gráficos de pared sobre el pila. La iluminación ambiental se logra con iluminación perimetral lineal hacia arriba. La iluminancia horizontal ambiental es aproximadamente el 20 por ciento de la iluminancia vertical de la tarea de la pila. Las áreas de lectura están iluminadas con colgantes de pantalla roja localizados y montados en el cielorraso. » Imagen www.jmaconochie.com

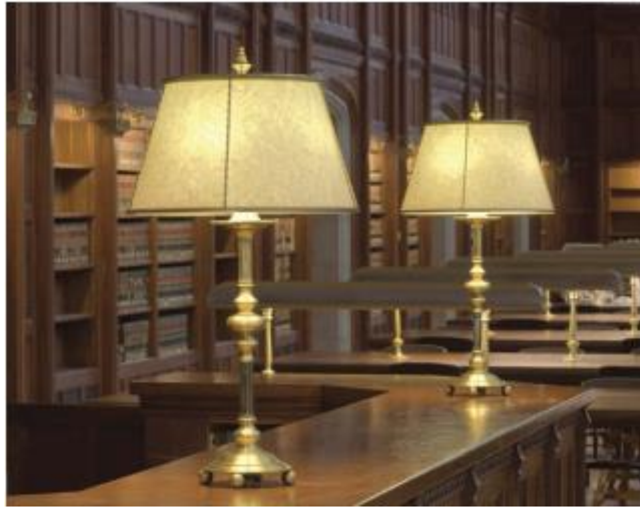


FIGURA 15.15 | TAREA Y AMBIENTE BAJO
Dos luces de tarea abordan varias necesidades de iluminación en este mostrador de información de la biblioteca: se utilizan como dispositivos de orientación para el escritorio donde el reconocimiento facial es tan importante como la lectura intermitente. » Imagen ©Curt Clayton

15.1.2 PRODUCTOS

La familiaridad con la programación del diseño y los sistemas de iluminación es fundamental a la hora de determinar técnicas y desarrollar estrategias de iluminación. La familiaridad con los productos guía el refinamiento de los esquemas y conduce a más detalles en la última parte de la fase de desarrollo del diseño. Los productos de iluminación incluyen luminarias, lámparas, balastos, controladores, controles y cualquier otro dispositivo auxiliar necesario para producir luz eléctrica en los espacios. Esta sección analiza el equipo y algunos de los aspectos importantes necesarios para evaluar la idoneidad para una situación determinada. Los sistemas de hardware e iluminación están entrelazados en este capítulo para mayor brevedad y claridad. Sin embargo, no se puede subestimar que la iluminación efectiva está diseñada para cumplir con los requisitos programados y necesidades de los usuarios y no exhibir elementos de iluminación, una técnica de iluminación particular, la carga conectada más baja y/o el costo inicial más bajo a expensas de otros criterios, a menos que estos aspectos sean los principales requisitos programados y se comprendan las consecuencias de descartar otros criterios. Para evitar repeticiones, las discusiones aquí se abrevian y se hacen referencias a otras secciones y capítulos.

15.1.2.1 LUMINARIAS

Varios aspectos de las luminarias se analizan en 8 | LUMINARIAS: FORMAS Y ÓPTICAS. Una descripción general de los tipos de luminarias disponibles y los factores involucrados en su selección y especificación se encuentran en 8.3 Tipos de luminarias y 8.5 Especificación y uso de luminarias. Esto ayuda con el desarrollo de una estrategia de iluminación tentativa basada en el rendimiento previsto de la luminaria para satisfacer las necesidades programadas. El rendimiento real de la luminaria será diferente de un proveedor a otro y se evaluará mediante cálculos, representaciones por computadora y revisión de muestras reales. Durante el desarrollo de esta estrategia de iluminación tentativa, esté atento a las definiciones de los proveedores y las explicaciones de rendimiento. Por ejemplo, si la programación determina que el bañado de paredes es una técnica importante para cumplir con uno o varios factores de diseño de iluminación, entonces la estrategia de iluminación incluye el uso de un sistema de bañadores de pared…

Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento

Atracción	Rol	Punto-Focal Reflectancia	Relación de Iluminancia[a]	Notas de Aplicación[b]	Example Applications
Fuerte	Dominante	≥50%	~20:1 punto focal a la tarea	Se utiliza con mucha moderación durante un período breve en uno o unos pocos puntos focales relativamente pequeños para ocasiones o experiencias trascendentales. La exposición prolongada puede atenuar/degradar la focal. El punto focal iluminado en estas proporciones puede ser una fracción del área focal total. El plano focal puede ser diferente del plano de tareas.	• Casa de Adoración: elemento focal reverente durante la ceremonia en la nave central • Comercio minorista: pequeñas exhibiciones interiores altamente exclusivas, como una extraordinaria pieza de joyería
		<50%	~40:1 punto focal a la tarea		
	Dramática	≥50%	~10:1 punto focal a la tarea	Se usa con moderación en una o varias áreas focales para lograr un efecto significativo. La exposición prolongada puede desvanecer/degradar las focales. El punto focal iluminado en estas proporciones puede ser una fracción del área focal total. El plano focal puede ser diferente del plano de tareas.	• Recepciones corporativas y hoteleras: materiales de pared exclusivos como el granito. • Comercio minorista: exhibición interior exclusiva, como viñeta en la entrada del departamento o de la tienda
		<50%	~20:1 punto focal a la tarea		
Moderada	Caracterización	≥50%	~5:1 punto focal a la tarea	Se utiliza en puntos focales para la atención visual. El punto focal iluminado en estas proporciones puede ser una fracción del área focal total. La exposición prolongada puede desvanecer/degradar las focales. El plano focal puede ser diferente del plano de tareas.	• Hospitalidad: características del destino como conserjería, recepción, características del material de las paredes. • Comercio minorista: deslumbre y destaque con exhibiciones de características.
		<50%	~10:1 punto focal a la tarea		
Suave	Borde Visual	≥50%	~2:1 punto focal a la tarea	Se utiliza en puntos focales o características de interés visual. La exposición prolongada puede desvanecer/degradar las focales. El plano focal puede ser diferente del plano de tareas.	• Salas de conferencias: obras de arte, características de los materiales de las paredes • Residencias contemporáneas:: obras de arte • Recepción: obras de arte, características de los materiales de las paredes
		<50%	~5:1 punto focal a la tarea		
Sutil	Alivio Visual	≥50%	~1:1 punto focal a la tarea	Se utiliza libremente en puntos focales para alivio visual. La exposición prolongada puede desvanecer/degradar las focales. El plano focal puede ser diferente del plano de tareas.	• Oficina: obras de arte, características del material de las paredes • Residencias tradicionales: obras de arte
		<50%	~2:1 punto focal a la tarea		

a. Relación de E_v (iluminancia promedio en el punto focal típicamente de orientación vertical) a E_h (iluminancia promedio en el plano de tarea principal típicamente de orientación horizontal).

b. Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para criterios relacionados con objetos dignos de conservación.

RECURSOS DE LUMINARIAS IESH/10e

> 8 | LUMINARIAS: FORMAS Y ÓPTICAS
• para más información sobre las características de las luminarias
> 8.3 Tipos de luminarias
• para obtener más información sobre los efectos de iluminación
• para obtener más información sobre la función
• para obtener más información sobre las aplicaciones
> 8.5 Especificación y uso de luminarias
• para obtener más información sobre la evaluación de luminarias
• para obtener más información sobre la especificación de luminarias
• para obtener más información sobre la influencia/integración con otros sistemas

…y deben identificar dónde van a ser empleados. Aspectos como el tamaño, la iluminación y el rendimiento pueden influir en la selección de luminarias. Las técnicas de iluminación establecidas durante la revisión de los factores de diseño de iluminación (consulte el Capítulo 12) guían la selección de luminarias. En el ejemplo de bañado de pared anterior, suponiendo una aplicación integrada en el cielorraso, la selección preliminar de luminarias es simplemente "bañado de pared". Aquellos diseñadores que estén familiarizados con los distintos equipos de bañado de pared disponibles pueden seleccionar simultáneamente lo siguiente:

1. El tipo de efecto de bañado de pared.
2. El tipo de luminaria bañado en pared.
3. El tipo de moldura y su acabado.
4. El tipo de lámpara.

por lo tanto, la dirección general "bañado de paredes" reduce el campo, pero se necesitan investigaciones y revisiones adicionales para finalizar la selección de luminarias. En última instancia, es necesario revisar la fotometría de los bañadores de pared considerados. En entornos de trabajo, la uniformidad del bañado de paredes puede ser un aspecto importante para mantener relaciones de luminancia adecuadas en todo el espacio de trabajo. Probablemente será necesario revisar muestras operativas para responder preguntas como: “¿El bañador de pared crea una línea de sombra en la pared a cierta distancia por debajo del cielorraso o justo en la unión entre el cielorraso y la pared? ¿Es esto un factor decisivo?” Las revisiones de muestras operativas también revelan patrones de festón, patrones de sombras de casquillos, patrones de imágenes de lámparas o reflectores secundarios y terciarios y ajuste y acabado de conos, molduras y medios ópticos y “destello”. El destello es un brillo intenso y desagradable en la parte inferior del reflector de la luminaria o pieza decorativa visible desde muchos puntos de vista. Cada uno de estos aspectos influye en la experiencia de “bañado de paredes” de los usuarios. Este nivel de detalle establece el mejor bañado de paredes de techo para los usuarios y su aplicación.

Cuando se considere necesario un acento ajustable integrado en el cielorraso, el nivel de detalle en su selección debe abordar aspectos tales como:

1. Inclinación disponible para determinar qué ángulo de puntería desde el nadir (hacia abajo) se puede lograr. Una inclinación de 45° se considera una inclinación óptima para acentuar el frente, con un mínimo de 35° como alternativa.

2. Rotación disponible para determinar qué tan bien se puede ajustar la luminaria hacia señales focales después de la instalación. Es preferible una rotación de 360°+ para obtener la máxima flexibilidad.

3. Mecanismos disponibles para ayudar en una inclinación y rotación precisas. Comúnmente se emplean retenes o miras para lograr precisión en la inclinación y rotación. Esto es especialmente importante cuando se utilizan varios acentos muy juntos y donde cada uno debe producir un efecto de iluminación idéntico.

4. Capacidad de bloqueo disponible para bloquear la inclinación y apuntar una vez colocado en el campo. Esto minimiza, si no elimina, la desalineación que puede ocurrir durante el cambio de lámparas o la limpieza.

5. Función de puntería en caliente disponible mediante la cual se puede observar el efecto de iluminación durante la configuración de inclinación y rotación. Dado que algunas lámparas son sensibles a los golpes de calor y pueden fallar inmediatamente, la orientación en caliente debe realizarse con cuidado. Es menos probable que la orientación en caliente cause fallas prematuras de la lámpara debido a un choque térmico si los mecanismos de orientación de la luminaria están diseñados para un funcionamiento suave y fluido.

6. Revista de accesorios disponible para conservar una serie de accesorios. Es importante determinar el tipo de accesorios que se pueden acomodar, como rejillas hexagonales, filtros UV, filtros de densidad neutra y filtros de color dicroicos.

Igualmente importante es cómo interfiere el cargador de accesorios con el cambio de lámparas, o si lo hace. Algunas luminarias decorativas permiten cambiar las lámparas sin retirar el cargador de accesorios.

Otros aspectos que afectan la selección de luminarias son: durabilidad y longevidad de la carcasa y el acabado; modularidad que afecta la facilidad de instalación y la facilidad de reconfiguración en el futuro; reemplazo de componentes actual que afecta la capacidad de actualización; acabado y limpieza; mantenimiento de lámparas, balastos, controladores o transformadores; y cualquier componente auxiliar y sus respectivas características, tales como sensores de ocupación integrados y/o fotocélulas y/o controles de conmutación/atenuación. Cuando se consideran colgantes montados en cables, los escenarios de atenuación y conmutación afectan la cantidad y el tamaño de los cables de alimentación necesarios, además de los cables tipo avión. Alternativamente, si la gestión de cables es engorrosa, los soportes de vástago, si bien presentan una estética diferente a los soportes de cables, ofrecen un medio consistente para abordar cables de alimentación múltiples o grandes.



FIGURA 15.16 | PARED DECORATIVA/CARACTERÍSTICA

Un nicho en la pared con paneles envueltos en tela y un buffet incorporado o aparador de almacenamiento se acentúa con un detalle de ranura fluorescente para abordar factores espaciales (agradabilidad, amplitud y definición espacial), presentaciones en tableros o carteles y servicio de comida.

» Imagen ©Robert Eovaldi



FIGURA 15.17 | ACENTO/OBRA DE ARTE

Una obra de arte de mosaico de vidrio se ilumina con monopuntos CMH para acentuar los detalles artísticos y la variedad de colores. Además de la apreciación del arte, este efecto se utiliza para orientar y equilibrar la luminancia para los usuarios de oficinas cercanas (a la izquierda y detrás de la vista de la cámara).
» Imagen ©Beth Singer Photographer, Inc.

Es necesaria la coordinación de luminarias y efectos de iluminación con otras disciplinas. Se deben conocer los aspectos más comunes de los tipos de cielorraso y/o pared para seleccionar luminarias, ya que algunas luminarias son simplemente incompatibles con los sustratos de algunos materiales. Otros aspectos incluyen tipos de cielorraso como modulares, lineales de metal o de madera. Los espesores del sustrato del material también son importantes, al igual que una serie de otros aspectos que normalmente se abordan durante el transcurso de un proyecto, preferiblemente antes de pedir las luces e instalar estos otros sistemas.
La tabla 15.3 describe algunos aspectos de la coordinación física. Aunque para la mayoría de las luminarias en la mayoría de los proyectos será conveniente especificar equipos que aborden estos y otros problemas de coordinación, los efectos de iluminación, las luminancias y las iluminancias siguen siendo los fines finales de la iluminación. Es necesaria la coordinación de los efectos de iluminación con otras disciplinas para evitar, por ejemplo, un patrón acentuado en un termostato. De manera similar, los patrones festoneados en los mamparos pueden ser indeseables. Explore los aspectos arquitectónicos y de instalación con las respectivas disciplinas antes de comprometer la integridad del diseño de iluminación.

La Tabla 15.1 identifica sólo algunos de los aspectos de la iluminación ambiental lineal montada en el cielorraso. Existen gamas similares de equipos para iluminación ambiental no lineal montada en el cielorraso, para iluminación de paredes y pisos y para iluminación de tareas y de acento. Estos aspectos cambian con el tiempo debido a cambios tecnológicos y

de fabricación y cambian con los criterios de prioridad. Es necesario mantener una comprensión actual de las opciones disponibles para un diseño competente.

Varios tipos de luminarias merecen una consideración principal para aplicaciones particulares o incluso cuando se desea diferenciar la aplicación o el estilo de diseño. Estos incluyen luces de paso, luces de piso, iluminación integrada en muebles y carpintería y luces para cuadros. Todos están disponibles con opciones de iluminación eficientes y la mayoría, cuando se usan correctamente, dan como resultado una aplicación de luz altamente eficiente. Por ejemplo, una lámpara para cuadros con lámpara FI lW/T2/830 que se muestra en la Figura 15.18 es más efectiva en la mayoría de las situaciones en comparación con una lámpara de cielorraso monopunto o empotrada regulable con lámpara CMH o LED de 20 W. El estilo, sin embargo, juega un papel importante a la hora de seleccionar una lámpara para cuadros o una luminaria decorativa empotrada en el ccielorraso. Algunas luces para cuadros son de estilo tradicional y es posible que no se adapten bien al estilo arquitectónico del proyecto que se está diseñando. Las luces LED para cuadros que exhiben perfiles muy delgados y acabados modernos funcionan bien en ambientes contemporáneos. De manera similar, las luces de paso pueden ser más efectivas en la iluminación de escaleras que las luces de cielorraso o pared fluorescentes lineales empotradas o de superficie más comunes, dependiendo de la configuración de la escalera y la geometría del recinto. Una advertencia: si la iluminación está más estrechamente asociada con una tarea o función específica y si la selección, la óptica y el diseño de las luminarias se dedican casi exclusivamente a abordar las iluminancias, es muy probable que la envolvente arquitectónica sea tenue, sucia o completamente oscura. Una sala con luces para cuadros puede parecer atractiva y la obra de arte puede estar bien iluminada, pero la sala puede ser de poca utilidad excepto como espacio de transición. Otro ejemplo es una escalera iluminada con luces de paso o pasamanos iluminados. La escalera carecerá de luminancias en la zona que está aproximadamente a 3 pies por encima de los escalones y que va hasta el cielorraso. Esto puede tener un propósito y usarse para generar efecto (ver Figura 15.7), pero si las escaleras son frecuentadas continuamente por muchas personas que no están familiarizadas con el edificio, entonces la falta de iluminación facial y de definición arquitectónica superior puede no ser bienvenida.

Las lámparas y luminarias se combinan en términos de rendimiento, apariencia o ambos. Todas las luminarias deben cumplir con las expectativas operativas y de seguridad básicas. Underwriters Laboratories (UL) en Estados Unidos, Canadian Standards Association (CSA) en Canadá y Norma Oficial Mexicana (NOM) en México han definido estándares según los cuales deben certificarse las luminarias con sus lámparas y dispositivos auxiliares previstos para sus respectivos mercados de uso.

En cada país de América del Norte, los organismos de certificación autorizados por el gobierno prueban y certifican los equipos de iluminación según los estándares respectivos. Por ejemplo, en los Estados Unidos, los laboratorios de pruebas reconocidos a nivel nacional (NRTL) realizan pruebas de certificación según los estándares UL. Una certificación exitosa da como resultado la inclusión y el etiquetado según los estándares UL, como lo demuestra el etiquetado en la luminaria respectiva. Aunque las excepciones son posibles y en ocasiones justificadas, no se debe renunciar a la inclusión y el etiquetado. UL/CSA/NOM se utiliza como referencia genérica en todo este manual para las normas y certificaciones relacionadas y las pruebas, listados y etiquetados asociados para equipos de iluminación en los respectivos países. UL/NRTL es una referencia general al procedimiento en los EE. UU. mediante el cual uno de los muchos laboratorios de pruebas prueba productos según los estándares UL.

Cuadro 15.3/ Aspectos de Coordinación

Montaje		Aspectos de Coordinación[a]
EMBUTIDO	cielorraso	Apertura/Lentes/Marco • durabilidad • superposición de bridas, si corresponde Carcasa • contacto de aislamiento (IC) • hermética (AT) • tamaño/configuración/ajuste Tipo • paneles de yeso, rejilla, otros Requisitos para terremotos Sustrato • espesor • compatibilidad del material
	Pared	Apertura/Lentes/Marco • durabilidad • temperatura de la superficie • superposición de bridas, si corresponde Carcasa • contacto de aislación (IC) • tamaño/configuración/ajuste Sustrato • espesor • compatibilidad del material
	Piso	Apertura/Lentes/Marco • durabilidad y transitabilidad • resistencia al deslizamiento • temperatura de la superficie Carcasa • contacto de aislación (IC) • tamaño/configuración/ajuste Sustrato • espesor • compatibilidad del material
SUPERFICIE	cielorraso	Proyección (montaje en superficie) • espacio libre para el giro de la puerta • altura de montaje libre Suspensión • altura de montaje libre • altura de la cabeza Requisitos para terremotos
	Pared	Proyección • ≤4" a ≤68" AFF • o fondo a >68" AFF • espacio libre para el giro de la puerta Carcasa • durabilidad • temperatura de la superficie • condiciones de borde

a. Puede afectar la selección de equipos o detalles arquitectónicos.

El polvo y el agua son siempre aspectos de preocupación a la hora de seleccionar equipos de iluminación. En entornos interiores, hay situaciones en las que los equipos de iluminación requieren protección contra la limpieza con manguera, por ejemplo, mientras que en situaciones exteriores algunas luces pueden sumergirse en agua de vez en cuando. Para codificar el grado de protección contra la infiltración de polvo y/o humedad, entre otras cosas, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ideó un Sistema de Clasificación de Protección Internacional (IP) (comúnmente conocido como Clasificación de Protección de Ingreso). Este sistema de clasificación IP se utiliza voluntariamente en Norteamérica y no reemplaza ningún requisito UL/CSA/NOM. Las pruebas de clasificación IP del proveedor deben ser realizadas y certificadas por un laboratorio independiente calificado. En su implementación más simple, se puede aplicar un sistema de clasificación de 2 dígitos a equipos de iluminación donde el primer dígito (0 a 6) identifica el grado de protección contra el ingreso de partículas sólidas y el segundo dígito (0 a 8) identifica el grado de protección contra el ingreso de entrada de humedad. [3] [4] [5] La Tabla 15.4 resume las clasificaciones IP. Para las luminarias, el interés habitual reside en clasificaciones que exhiben un primer dígito de 5 o 6 y un segundo dígito de 5, 6, 7 u 8, donde la aplicación de iluminación exige equipo que tenga cierto grado de protección contra el polvo y cierto grado de protección contra el agua.

A veces se utilizan luminarias personalizadas cuando no hay una luminaria estándar disponible con el rendimiento, tamaño o apariencia deseados. Un ejemplo se muestra en las Figuras 15.19a y 15.19b, donde un downlight cuadrado estándar de 6” con una CFL F32W/Triple/830 está equipado con una lente desplegable personalizada para una apariencia que recuerda al estilo decorativo moderno de los años 1930. Aunque sea una solución conveniente a tiempo, la personalización puede ser al menos cien por ciento más costosa que el equipo estándar. Sin embargo, esto es menos costoso que las luminarias personalizadas. Cuando se requiere una apariencia específica, un tamaño no estándar y un efecto óptico para satisfacer las necesidades de programación del proyecto, se consideran luminarias personalizadas. Por lo general, son bastante costosos en comparación con los equipos de iluminación estándar, pero en general siguen siendo un porcentaje minúsculo del valor total del proyecto. Los plazos de entrega son largos para que los proveedores desarrollen piezas fundidas, hiladas, moldes y similares personalizados. El procedimiento de etiquetado y listado UL/CSA/NOM generalmente cuesta miles de dólares y puede agregar meses de tiempo de entrega dependiendo de la construcción específica de la lámpara y del componente de la luminaria. En las Figuras 15.19a y 15.19d se muestra un ejemplo de una luminaria personalizada listada y etiquetada.

15.1.2.2 LÁMPARAS

Las lámparas se combinan con la óptica de las luminarias para producir efectos de iluminación. Literalmente son posibles miles de combinaciones. La Tabla 15.5 describe solo una pequeña representación de algunos tipos y características de luminarias con portalámpara dedicado no lineales montadas en el ccielorraso. Cuatro tipos de lámparas influyen en la mayoría de las luminarias disponibles y en sus características para este caso concreto: CFL, CMH, $halógenaIR_{LV}$ y LED. La gama de opciones es casi infinita. Se trata de lámparas de luz blanca comunes. Aunque la eficacia de estas lámparas varía significativamente, algunas lámparas CMH y la mayoría de las lámparas $halógenaIR_{LV}$ y LED se juzgan por sus propiedades ópticas para entregar luz al objetivo o área prevista. Entonces, si bien la eficacia (lúmenes por vatio o LPW) suele ser importante cuando se consideran lámparas para iluminación difusa de áreas relativamente grandes, la potencia en candelas es más importante para acentuar, resaltar y/o proyectar luz a largas distancias. Apropiado para todas las selecciones de iluminación para cualquier diseño, la Tabla 15.5 también incluye una lista de verificación de estado abreviada de algunos aspectos muy importantes: UL/CSA/NOM, enchufe dedicado, pedigrí fotométrico, sostenibilidad y garantía.

Los portalámparas dedicados aceptan lámparas con bases únicas. Para muchas aplicaciones donde se utilizan luminarias nuevas o se restauran o renuevan, ya no se utilizan casquillos con base de rosca mediana. Los casquillos con base de tornillo mediano aceptan cualquier lámpara con base de tornillo mediano, de las cuales existen innumerables opciones de casi cualquier potencia y óptica. Es poco probable que los enchufes y lámparas con base de rosca mediana mantengan el diseño o la eficiencia originales. Se debe hacer todo lo posible para que las especificaciones de equipos nuevos, modernizados, renovados y de restauración utilicen lámparas y luminarias con portalámparas exclusivos. Para situaciones de modernización, consulte 17.3 Actualizaciones del sistema de iluminación.



FIGURA 15.181 LUZ FLUORESCENTE PARA CUADROS

Una lámpara fluorescente T2 de 11 W en una luz para cuadros tradicional equipada con una lente difusora de rayos UV proporciona iluminación localizada a la obra de arte de manera más eficiente que las alternativas montadas en el cielorraso. En este entorno histórico, las luces para cuadros y sus efectos de iluminación se consideraron más apropiadas que las opciones empotradas o montadas en el cielorraso.

» Imagen ©SJ. Swalwell/Fotografía arquitectónica

Cuadro 15.4 | Sistema de Clasificación IP[a]

Carácter	Clasificación IP	Protección Contra:
Dígito 1°	Valor	Ingreso de Objetos Sólidos
	0	Sin protección
	1	diámetro ≥50 mm
	2	diámetro ≥12.5 mm
	3	diámetro ≥2.5 mm
	4	diámetro ≥1 mm
	5	protección contra polvo
	6	hermético al polvo
Dígito 2°	Valor	Ingreso de Agua
	0	Sin protección
	1	Goteo vertical
	2	Goteo 15° fuera de la vertical
	3	Fumigación
	4	Sálpicaduras
	5	Chorro
	6	Chorro potente
	7	Inmersión temporal
	8	Inmersión contínua

a. Adaptado de ANSI/IEC 60529-2004 ©NEMA con autorización [5].



FIGURA 15.19A | LUMINARIAS PERSONALIZADAS Y PERSONALIZACIÓN

Un conjunto lineal de luces personalizadas están empotradas en una configuración de cielorraso de paneles de yeso en capas (ver Figuras 15.19b y 15.19c). La superficie de un aplique de pared personalizado montado sobre madera con incrustaciones evoca aún más el estilo decorativo (consulte la Figura 15.19d para ver un boceto que describe las características destacadas de la luminaria personalizada. Las luminarias personalizadas y personalización están listadas y etiquetadas por UL/NRTL para este proyecto de EE. UU..

» Imagen ©Far Photography



FIGURA 15.19B | LUMINARIAS PERSONALIZADAS

Los downlights cuadrados de 6’ están personalizados con una lente en forma de gota. Las carcasas están empotradas en un cielorraso de paneles de yeso en capas en una reinterpretación de un detalle decorativo moderno de los años 30. » Imagen ©Far Photography

RECURSOS SOBRE LÁMPARAS IESH/10e

> 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
• para más información sobre lámparas de incandescencia
• para más información sobre lámparas fluorescentes
• para más información sobre lámparas HID
• para más información sobre lámparas de estado sólido (LED)

> 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN
• para más información sobre aspectos operativos

15.1.2.3 BALASTOS, CONTROLADORES Y TRANSFORMADORES

La mayoría de las lámparas eficientes de última generación requieren un dispositivo auxiliar o un conjunto de dispositivos para funcionar correctamente. Pocas lámparas pueden conectarse directamente al voltaje principal y funcionar de manera efectiva o durante su vida útil nominal. Emparejar estos dispositivos auxiliares con lámparas y luminarias es un aspecto de diseño necesario y en última instancia, crítico que afecta la salida de luz, la controlabilidad, la eficacia de la lámpara, la eficiencia de la luminaria, la vida útil de la lámpara, el vatiaje y la eficiencia del sistema eléctrico,---

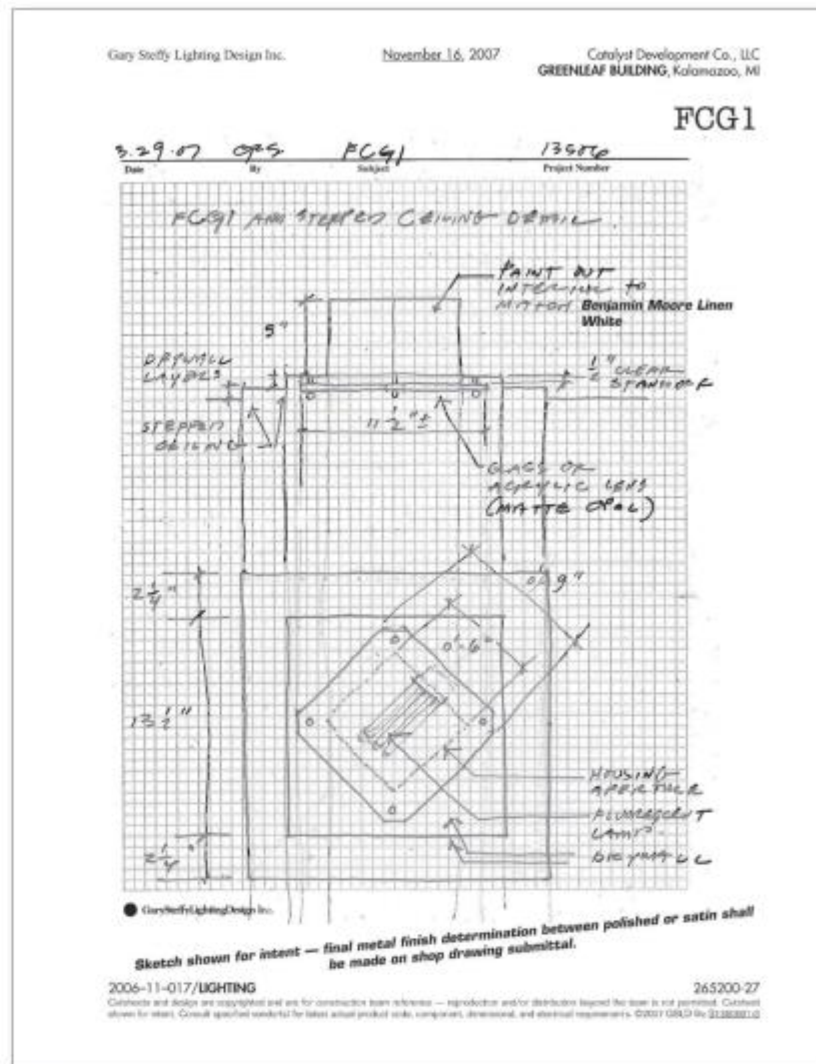


FIGURA 15.19C | LUMINARIAS PERSONALIZADAS

Un boceto en sección y en planta desarrollado para la especificación de los downlights personalizados en la Figura 15.19a identifica las características más destacadas. Cada downlight personalizado utiliza una lámpara CFL F26W/Triple/830 y un balasto no regulable. Las revisiones posteriores y las superposiciones de trazos dan como resultado una reducción del contraste y la calidad del gráfico.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

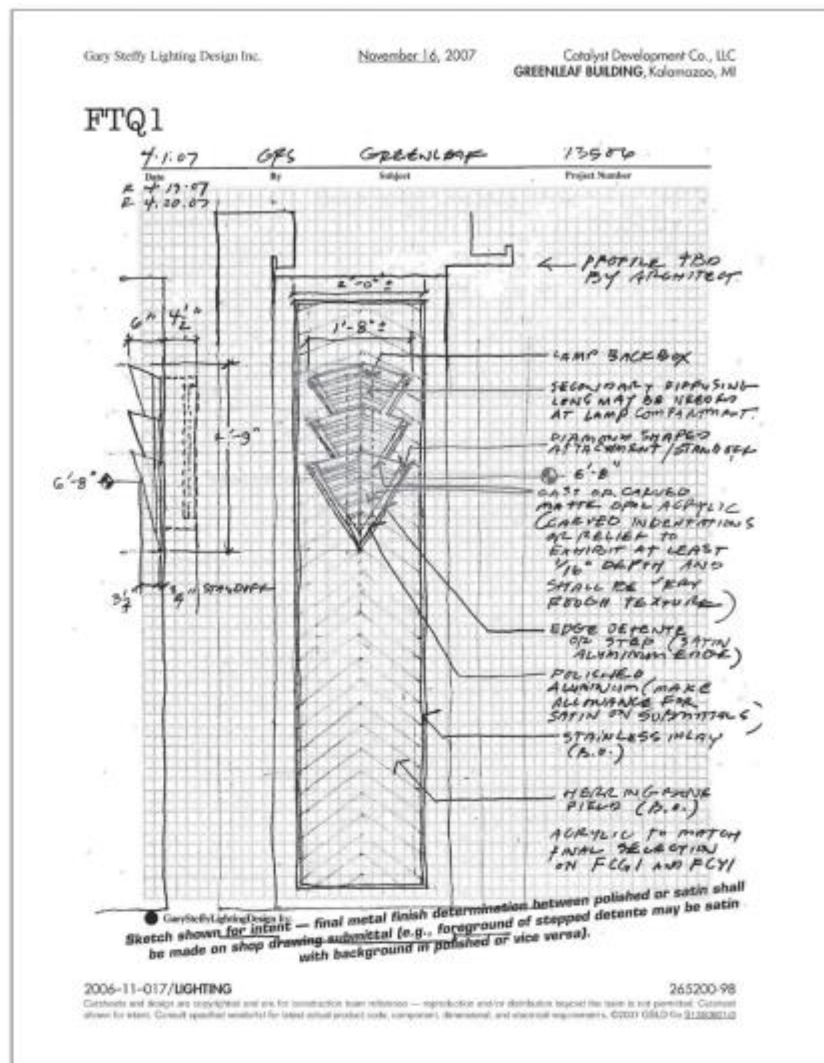


FIGURA 15.19D | LUMINARIAS PERSONALIZADAS

Las características más destacadas de un aplique de pared personalizado se describen en este boceto que se utiliza para la especificación de los apliques personalizados en la Figura 15.19a. Cada aplique utiliza dos lámparas fluorescentes lineales F14W/T5/830 y un balasto regulable. Las revisiones posteriores y las superposiciones de trazos dan como resultado una reducción del contraste y la calidad del gráfico.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

IESH/10e RECURSOS SOBRE BALASTOS/CONTROLADORES/TRANSFORMADORES

> 73.6.5 Balastos
• para obtener más información sobre balastos fluorescentes

> 73.6.6 Atenuación
• para obtener más información sobre la atenuación de lámparas fluorescentes

> 7.4.8.10 Características de funcionamiento
• para obtener más información sobre balastos de halogenuros metálicos

> 7.4.9.7 Características de funcionamiento
• para obtener más información sobre balastos de sodio de alta presión

> 17.3.2 Reactancias
• para obtener más información sobre el rendimiento del sistema de iluminación

---estos dispositivos requieren espacio para su integración en el sistema de iluminación, preferiblemente integral a las luminarias, pero esto no siempre es práctico o deseable. Estos dispositivos también desempeñan un papel, a veces significativo, en la sintonización de los efectos de iluminación, las iluminancias y los LPD y/o el uso de energía. Incluso cuando dicha sintonización no sea un aspecto de diseño, la selección de dispositivos auxiliares debe realizarse en el contexto de su influencia en el rendimiento fotométrico. La selección de estos dispositivos sin abordar, no calificada o predeterminada de fábrica puede afectar negativamente el cumplimiento de los criterios de iluminación, incluidos los de luminancias e iluminancias y LPD. Además, las opciones de fábrica predeterminadas y de bajo costo pueden resultar en una reducción de la vida útil de la lámpara o del balasto, como suele ocurrir con los balastos de arranque instantáneo controlados por sensores de ocupación. Durante las primeras fases de diseño, simplemente es necesario reconocer la existencia y eventual integración de balastos, controladores y transformadores. Sin embargo, en las últimas etapas del diseño, estos dispositivos deben revisarse cuidadosamente y combinarse con las respectivas lámparas y luminarias. En esta etapa del desarrollo del diseño, los balastos fluorescentes con atenuación, atenuación escalonada y no atenuación son de particular interés. Los parámetros clave de los balastos fluorescentes son la distorsión armónica, el factor de potencia y el factor de balasto. Los armónicos pueden ser problemáticos si no se controlan. La distorsión armónica total (THD) no debe exceder el 10 por ciento en los balastos (consulte 7.3.6.5 Balastos). Si bien normalmente es fácil seleccionar balastos con THD <0,10 (o 10%) para lámparas/luminarias con casquillos dedicados, los THD son deficientes en muchas bases de rosca medianas y lámparas de reequipamiento. Un edificio lleno de luces de mesa o apliques de pared modernizados con estas lámparas de mala calidad puede representar un problema para el sistema de distribución eléctrica en las modernizaciones o afectar el diseño general en proyectos nuevos, de renovación o de restauración. El factor de potencia (PF) es una indicación de qué tan bien la energía suministrada por la empresa de servicios públicos está siendo utilizada por varios equipos eléctricos, siendo 1,0 (100%) el mejor (consulte 7.3.6.5 Balastos). Un factor de potencia deficiente (o bajo) puede dar lugar a multas por parte de la empresa de servicios públicos. Seleccione balastros con PF >0,90 y preferiblemente >0,95.

El factor de balasto es esencialmente el porcentaje de salida de luz de un sistema de balasto de lámpara específico en relación con la salida de luz catalogada de esa lámpara (consulte 7.3.6.5 Balastos). Un BF de 1,0 indica que se prevé una salida de luz del 100% a partir de la combinación de lámpara/balasto dada. El llamado factor de balasto normal es 0,88 (se espera un rendimiento luminoso del 88% de la combinación lámpara/balasto). Los vatios del sistema de lámpara/balasto están relacionados con BF, aunque no de forma lineal. Durante los cálculos, se pueden utilizar factores de balasto para ajustar las luminarias para que cumplan mejor los criterios de iluminación y las densidades de potencia de iluminación.

Los balastos suelen ser electrónicos y funcionan a alta frecuencia sin zumbidos audibles ni parpadeos. Los balastos fluorescentes comúnmente están disponibles en variedades de inicio instantáneo, rápido y programado (consulte 7.3.6.5 Balastos). Aunque cada uno tiene ventajas y desventajas, los balastos de arranque programado ofrecen un excelente equilibrio entre el consumo de energía y la vida útil de la lámpara.

Cuadro 15.5 | Matriz de Características y Tipos de Luminarias no Lineales Montadas en el Cielorraso

Factor de Forma	Tamaño de Apertura Nominal	Lámparas	Utilidad Óptica									Expectativas					Notas de Aplicación
			Embutidas	Superficiales/ Colgantes	Acentuación Ajustable	Luz hacia abajo fija	Lava muro Fijo	Partida instantánea	Atenuable	Difusa	Enfocada	UL/CSA/NOM	Soquete Exclusivo	Genealogía Fotométrica	Sustentabilidad	Garantia	
• Redondo • Cuadrado	2"	CFL	Apertura demasiado pequeña para la utilidad CFL de tecnología actual.														
		CMH	■	▒	■	■	■			▒	■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y
		halogenIR$_{LV}$	■	■	■	■	▒	■	■	▒	■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento.
		LED	■	▒	■	■	▒	■	▒	▒	■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento.
	3"	CFL	■	■		▒	▦	▒		■		■	■	■	■	■	Sólo potencias muy bajas.
		CMH	■	▒	■	■	■			▒	■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento
		halogenIR$_{LV}$	■	■	■	■	▒	■	■	▒	■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento.
		LED	■	▒	■	■	▒	■	▒	■	■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento.
	4" - 5"	CFL	■	■		■	▒	▒	▒	■		■	■	■	■	■	
		CMH	■	▒	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	
		halogenIR$_{LV}$	■	■	■	■	▒	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		LED	■	▒	■	■	▒	■	▒	■	■	■	■	■	■	■	
	6" - 8"	CFL	■	■	▦	■	■	▒	▒	■	▦	■	■	■	■	■	
		CMH	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■	■	
		halogenIR$_{LV}$	■	■	■	■	▒	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		LED	■	■	■	■	■	■	▒	■	■	■	■	■	■	■	
• Rectilíneo	2" x ≤24"	CFL	Apertura demasiado pequeña para la utilidad CFL de tecnología actual.														
		CMH	M ■	M ▦	M ■					M ▒	M ■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y
		halogenIR$_{LV}$	M ■	M ▦	M ■			M ■	M ■	M ▒	M ■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento.
		LED	M ■	M ▦	M ■			M ■	M ▒	M ▒	M ■	■	■	■	■	■	Confirmar instalación y mantenimiento.
	4" x ≤24"	CFL	■			■	■	▒	▒	■	▦	■	■	■	■	■	
		CMH	M ■	M ▦	M ■	M ■	M ■			M ■	M ■	■	■	■	■	■	
		halogenIR$_{LV}$	M ■	M ▒	M ■		M ▒	M ■	M ■	M ■	M ■	■	■	■	■	■	
		LED	M ■	M ▒	M ■			M ■	M ▒	M ■	M ■	■	■	■	■	■	
	6" - 8" x ≤24"	CFL	■	■			■	▒	▒	■		■	■	■	■	■	
		CMH	M ■	M ▦	M ■					M ■	M ■	■	■	■	■	■	
		halogenIR$_{LV}$	M ■	M ▒	M ■			M ■	M ■	M ■	M ■	■	■	■	■	■	
		LED	Apertura innecesariamente grande para la utilidad LED de tecnología actual.														

Legend

■ Abordará o probablemente abordará satisfactoriamente el parámetro con la óptica y/o el factor de forma de la lámpara correctos.

▒ Es poco común y/o puede no abordar satisfactoriamente el parámetro.

▦ Probablemente no abordará satisfactoriamente el parámetro.

blank No abordará el parámetro.

■ Seguridad: Confirme que el conjunto de luminarias esté listado y etiquetado por UL/CSA/NOM para la iluminación y la aplicación prevista.

■ Eficiencia - Largo plazo Confirme que el soquete sea de tipo dedicado (no con base de rosca mediana) para limitar el rendimiento excesivo y las fluctuaciones de potencia con sustituciones.

■ Eficiencia - Aplicación: Equipos de estudio con datos fotométricos actualizados para una mejor evaluación del diseño.

■ Sostenibilidad - Actualización/Reciclaje: Confirme que los componentes sean reemplazables/actualizables y reciclables.

■ Garantía. Confirmar período de garantía y cobertura.

M La designación "M" indica que generalmente se trata de luminarias multiMamped con la óptica y/o el ajuste de cada lámpara independiente de la otra.

halogenIR$_{LV}$ El voltaje secundario de la lámpara es de 12 V (bajo voltaje). La lámpara de incandescencia más pequeña y con soquete exclusivo para aplicaciones de uso general y de acento.

15.1.2.4 CONTROLES

Los controles automatizados establecen los patrones de uso de energía de un sistema de iluminación y producen ahorros de energía significativos en comparación con los enfoques tradicionales de encendido/apagado manual. Atenuar y apagar automáticamente las luces eléctricas para responder a la ocupación y/o la disponibilidad de luz natural son prácticas sustentablemente apropiadas. Controlar la zonificación de los diseños de iluminación es tan importante como seleccionar luminarias y lámparas eficientes y debe indicarse junto con las estrategias de iluminación. Ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN y 17 | GESTIÓN ENERGÉTICA.

Durante algún tiempo, los sistemas automatizados de control de iluminación se consideraron parte del sistema de gestión energética. Hoy en día, aunque ciertamente están integrados con los sistemas de gestión de energía, los sistemas de control de iluminación automatizados añaden un grado de configuración de escena que antes sólo estaba disponible para instalaciones de conferencias de alto nivel donde era necesario cambiar las escenas de la presentación de la reunión al audiovisual. Estas escenas pueden ser específicas de un edificio, departamento o sala y pueden responder a la hora del día, la función, el nivel de actividad o todo eso para un entorno dinámicamente variable.

Los controles automatizados permiten una intervención temporal. Cuando las empresas de servicios públicos anticipan cortes de energía o los clientes desean reducir los cargos por demanda máxima de la empresa de servicios públicos, la iluminación se puede atenuar o apagar de manera selectiva o global.

15.1.2.5 GENEALOGÍAS FOTOMÉTRICAS

Se emplea un programa computacional de iluminación confiable y preciso para lograr los mejores efectos de iluminación, controlar adecuadamente las luminancias de las superficies y luminarias, predecir iluminancias y proporciones con un grado razonable de certeza y optimizar todos de esto para la densidad de potencia y el uso de energía. Por lo tanto, se prefieren las genealogías fotométricas de luminarias reales, no virtuales. La fotometría de luminarias (consulte 9.14 Fotometría de luminarias) documenta cómo se desempeña una luminaria con ópticas, lámparas y balastos o controladores específicos. La fotometría está disponible en forma impresa de informe de prueba (ver Figura 8.9). Esto ofrece una referencia visual de la distribución de la iluminación y una tabla de datos en Candelas o Candlepower. Los datos en Candelas también están disponibles en formato electrónico con una extensión ".ies" que indica que el archivo electrónico cumple con los estándares de informes fotométricos de IES y está formateado intencionalmente para su uso en software de cálculo. Esto evita el esfuerzo de importar manualmente los datos de potencia de las velas desde un informe de prueba impreso. Para mayor precisión y procedencia, los archivos fotométricos reales deben ser producidos por un laboratorio independiente u otros laboratorios acreditados por programas de certificación aprobados por el gobierno según los estándares de prueba de IES. Como tal, un costo y un marco de tiempo están asociados con su producción y deben incorporarse al presupuesto o a los honorarios y el cronograma.

RECURSOS DE FOTOMETRÍA IESH/10e

> 8.4 Rendimiento de la luminaria
• para más información sobre fotometría
> 9.13 Fotometría de lámpara
• para más información sobre el rendimiento óptico de la lámpara
> 9.14 Fotometría de Luminarias
• para más información sobre el rendimiento óptico de las luminarias
> 10.3 Datos Fotométricos para Cálculos
• para más información sobre límites y supuestos de uso
> 10.6.1 Precisión y Evaluación
• para obtener más información sobre el grado de precisión de los cálculos

Los monopuntos
Son cabezales de riel montados en marquesinas de cielorraso en lugar de rieles lineales. Ver Figura 15.17

Un método para reducir los costos y el tiempo de las pruebas es desarrollar la fotometría virtual. Por supuesto, estos archivos fotométricos son tan buenos como la información de origen. La fotometría virtual ahora es relativamente cómoda de producir. Utilizando software, los proveedores pueden diseñar con buena precisión el nivel de rendimiento esperado de un diseño óptico propuesto y una lámpara determinada. Sin embargo, estos informes virtuales pueden exhibir una tolerancia de ±20 % incluso más cuando se cuenta con el tiempo y la habilidad para representar con precisión los materiales y contornos de los reflectores del mundo real.

Otro método para reducir los costos y el tiempo de las pruebas es utilizar pruebas con lámparas desnudas realizadas por los fabricantes de lámparas. Esto es razonable cuando se utilizan lámparas ópticamente activas, como aquellas con reflectores integrales y lentes que producen patrones de haz específicos, como focos y focos estrechos, como muchas lámparas de las familias halógenas CMH y LED. Excepto cuando se utilizan lámparas desnudas en cabezales de riel simples o monopuntos sin dispositivos de control de deslumbramiento ni medios filtrantes adicionales, la fotometría de la lámpara desnuda es inexacta. Por lo tanto, cuando se utilizan snoots (accesorios anexos de una luminaria para cambiar su haz o evitar deslumbramiento la traducción literal sería “mocos”) en cabezales de riel o monopuntos o donde se colocan persianas o lentes de “suavizado de haz” delante de la lámpara o donde los acentos empotrados ajustables o incluso los downlights exhiben aberturas que son aproximadamente del tamaño de la cara de la lámpara o más pequeñas , la fotometría de lámpara desnuda es un mal sustituto de la fotometría de luminaria real.

En situaciones personalizadas donde no hay fotometría disponible, se pueden hacer conjeturas sobre el rendimiento de las luminarias. Sin embargo, el grado de precisión es mucho menos seguro. Hasta el punto de obtener la fotometría real a partir de una muestra operativa, se utiliza la fotometría virtual o la fotometría facsímil para las luminarias personalizadas o modificadas propuestas. La fotometría virtual se desarrolla utilizando un software capaz de construir una luminaria en realidad virtual y luego generar un informe fotométrico en realidad virtual. La fotometría facsímil implica seleccionar la fotometría real de una luminaria existente que sea similar a la luminaria personalizada o modificada propuesta y utilizar esta fotometría en los cálculos. Aunque los lúmenes de la lámpara y/o los factores de balasto se pueden ajustar para lograr los criterios de iluminación, la premisa básica para la fotometría facsímil es una “buena estimación” con tolerancias que probablemente no sean mejores que ±20%.

La falta de fotometría de las luminarias catalogadas la cual puede ofrecer información sobre las prácticas comerciales de los proveedores de luminarias. ¿Está la luminaria destinada a la comercialización en América del Norte y ha sido probada, listada y etiquetada para la iluminación respectiva y la aplicación prevista de acuerdo con autoridades reconocidas, como UL/CSA/NOM? ¿Está optimizada la óptica de la luminaria para la lámpara en cuestión? Otras preguntas incluyen qué garantía de luminaria se ofrece y si hay una muestra funcional disponible para su revisión. No se puede exagerar: sin datos fotométricos reales, es difícil, si no imposible, predecir con buena certeza cómo se comportarán las luminarias en una situación determinada, lo que frustra la implementación efectiva de la iluminación de tareas, ambiental y de acento.

15.1.2.6 SOSTENIBILIDAD
Podría decirse que la solución más sostenible podría ser no hacer nada: ningún trabajo de construcción. Por lo general, esta no es una opción aceptable para los clientes y/o usuarios que buscan entornos nuevos o restaurados por razones que examinaron antes de decidir que era necesario algún esfuerzo de construcción. Una vez que se toman decisiones para llevar a cabo proyectos nuevos o de restauración, varios métodos pueden generar una iluminación más sustentable:

1. Iluminación natural y su integración con la iluminación eléctrica: utilizar la iluminación natural como fuente principal.

2. Programación detallada: conozca la necesidad y diseñe en consecuencia.

3. Congelar diseños en hitos de diseño: establezca parámetros relacionados con diseños de iluminación que sean específicos de la función, aspectos arquitectónicos y de diseño de interiores, y modelado energético.

4. Eficiencia general de iluminación: seleccione lámparas y luminarias eficientes dentro de las clases o familias más adecuadas para la aplicación.

5. Longevidad de los componentes: seleccione lámparas y luminarias de mayor duración dentro de las clases o familias más adecuadas para la aplicación.

RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD DE IESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad
• para más información sobre lámparas
> 19 | SOSTENIBILIDAD
• para más información sobre energía
• para obtener más recursos sobre la tierra
• para más información sobre el reciclaje
• para más información sobre el análisis del ciclo de vida
• para más información sobre el diseño de iluminación
> 19.2Elementos de Diseño de Iluminación Sustentable
• para más información sobre los controles

6. Reciclabilidad de equipos y componentes de iluminación: seleccione equipos que estén compuestos de materiales reciclados y que estén preparados para ser reciclados al final de su uso.

7. Proximidad de proveedores calificados al sitio del proyecto: seleccione los proveedores de las clases o familias más adecuadas para la aplicación que estén más cercanas al sitio del proyecto.

8. Controles amplios, automatizados y manuales: automatizar la iluminación según la disponibilidad de luz natural, el tiempo de uso y la ocupación.

9. Reducir el impacto de la iluminación en el entorno nocturno general: emplear estrategias para limitar los efectos de la iluminación nocturna. La Tabla 15.6 identifica algunas estrategias operativas que pueden mejorar la iluminación exterior con respecto al medio ambiente.

10. Hacer que el proyecto sea eminentemente habitable o viable. Aproveche al máximo las energías gastadas en la fabricación, adquisición, instalación y operación de la iluminación: proporcione un diseño completo y bien ejecutado. Ver 19 | SOSTENIBILIDAD.

Cuadro 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medioambiente

Noche	Estrategia(s) Operacional(es)[a]	Operación de la Iluminación Eléctrica	Respeto al Medioambiente: Vía de Aves Migratorias	Reducción de Polución Lumínica	Reducción de Polución Lumínica	Ahorro de Energía Luminosa	Extensión de la vida Útil
Diseño	Criterio de Iluminancia	Establezca y diseñe según criterios con cuidado.					
	• criterio de determinación	Determinar criterios basados en datos de programación sin exagerar la focalización en actividades hipotéticas, raras o menos importantes.[b]		✔	✔	✔	
	• implementación de diseño S/P	Ajuste las iluminancias exteriores en situaciones de visión mesópica para tener en cuenta la relación S/P de la lámpara seleccionada.[b,c]		✔	✔	✔	
Luces Eléctricas	Automatizar la Operación Completa de encendido/apagado	Apagar completamente la iluminación interior y/o exterior.[b]					
	• reloj de tiempo estacional astronómico	Si es posible, apague toda la **iluminación interior** por encima del 5.º piso estacionalmente en las horas clave de las aves migratorias nocturnas (p. ej., 11 p. m. - 6 a. m., de mediados de marzo a finales de mayo/de mediados de agosto a finales de octubre).[b,d] Alternativamente, despliegue cortinas (consulte abajo).	✔	✔	✔	✔	✔
		Si es práctico, apague toda la **iluminación exterior** sobre el 5.º piso estacionalmente en las horas clave de migración nocturna de las aves (por ejemplo, de 11 p. m. a 6 a. m. de mediados de marzo a finales de mayo/de mediados de agosto a finales de octubre).[b,d] Alternativamente, despliegue cortinas (consulte abajo).	✔	✔	✔	✔	✔
	• nightly astronomical time clock	Si es práctico, apague toda la **iluminación interior** cuando llegue la noche en forma predeterminada, desde tarde en la noche hasta temprano en la mañana.[b] Como alternativa, despliegue cortinas (ver más abajo).		✔	✔	✔	✔
		Si es posible, apague toda la **iluminación exterior** cuando llegue la noche en forma predeterminada, desde tarde en la noche hasta temprano en la mañana.[b] Alternativamente, despliegue cortinas (ver más abajo).		✔	✔	✔	✔
	Automatizar la Operación Selectiva	Apagar o atenuar selectivamente la iluminación interior y/o exterior.[b,e]					
	• reloj astronómico nocturno	Si es práctico, apague o atenúe la iluminación **interior perimetral** cuando llegue la noche en forma predeterminada, desde tarde en la noche hasta temprano en la mañana.[b,e] Alternativamente, despliegue cortinas (ver másabajo)		✔	✔	✔	✔[f]
		Si es práctico, apague o atenúe algunas **luces exteriores** en forma predeterminada, desde altas horas de la noche hasta temprano en la mañana.[b,e]		✔	✔	✔	✔[f]
Sombras	**Automatizar**	Despliegue persianas si/cuando se estén usando luces eléctricas interiores perimetrales.					
	• hora del reloj astronómico	Baje/cierre las persianas (si τ de sombra <10%) en forma predeterminada desde tarde en la noche hasta temprano en la mañana, cuando las luces interiores están encendidas.		✔	✔		
	• hora del reloj astronómico **• fotocelda**	Baje/cierre las persianas si (τ de sombra <10%) desde el atardecer hasta el amanecer cuando las luces interiores están energizadas.		✔	✔		

a. Dependiendo de la naturaleza de la instalación y los requisitos de iluminación, algunas, todas o ninguna de estas funciones pueden ser apropiadas y/o colectivamente implementadas. Los relojes de tiempo automatizados y las fotocélulas generalmente exhiben una cantidad suficiente de puntos de ajuste para que estas estrategias puedan implementarse en diferentes momentos. épocas del año y/o de noche.

b. Sin sacrificar la iluminación y los criterios necesarios para la actividad funcional y/o el cumplimiento del código y/o la sensación de seguridad y protección.

c. Sin sacrificar otros aspectos de la selección de lámparas, como la reproducción cromática y/o la temperatura del color, cuando se consideren importantes. Ver 4.12.3 Efectos espectrales e implementación de relaciones S/P en visión mesópica.

d. Consulte las ordenanzas, proclamaciones o leyes locales para conocer los requisitos de las horas más oscuras. Citas basadas en la Proclamación de los Días de Paso Seguro en los Grandes Lagos. [7]

e. Recortar o retrasar la iluminación eléctrica según los niveles de actividad previstos o intencionados. A medida que los niveles de actividad nocturna disminuyen, recorte la iluminación para proporcionar el siguiente criterio de objetivo de iluminancia recomendado por IES más bajo.

f. Por lo general, la atenuación no prolongará la vida útil de la mayoría de las lámparas para estas aplicaciones.

15.1.2.7 GARANTÍAS

Con el crecimiento exponencial de los componentes electrónicos en los equipos de iluminación, los rigores de la controlabilidad y la variedad de fuentes de luz de estado sólido ahora disponibles, las garantías pueden influir más significativamente en la selección y aplicación del equipo. Para luminarias, lámparas y sus balastos o transformadores convencionales con componentes electromecánicos o de vacío y descarga de gas, las garantías pueden ser inexistentes o expresas o implícitas y deben ser confirmadas. La cobertura típica oscila entre 1 y 3 años. La cobertura puede incluir el hardware físico y la mano de obra para reemplazarlo o puede simplemente incluir el hardware físico o puede proporcionar una cantidad fija de compensación. Es posible que haya garantías similares disponibles para equipos de estado sólido. En este caso, los esfuerzos por expandir rápidamente el uso de LED, en particular por parte de la EPA y el DOE de EE. UU., han presionado a los proveedores de luminarias de estado sólido para que ofrezcan garantías de al menos tres años para las piezas eléctricas. [6] Las garantías de 5 años ahora aparecen regularmente en equipos de iluminación LED y algunos ahora ofrecen 10 años. En estas y en las garantías para equipos de iluminación convencionales, confirme lo siguiente:

1. Períodos de cobertura: esto puede variar y podría ser desde la fecha de fabricación o fecha de compra o fecha de instalación.

2. Extensión de la cobertura: esto puede variar, incluido el tiempo de duración de la cobertura y qué costos, si los hay, están cubiertos, como hardware y mano de obra.

3. Advertencias: muchas de las cuales pueden ser por ejemplo, los productos de estado sólido son sensibles al calor y según el alcance de las pruebas del proveedor y el desarrollo de disipadores de calor calificados, la cobertura de la garantía del producto puede limitarse a temperaturas ambiente específicas.

15.2 UN ESQUEMA DE ILUMINACIÓN

Los elementos iniciales del pensamiento de diseño son la información de programación resultante obtenida del proceso descrito en 12 | COMPONENTES DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN y en 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA. Las estrategias de iluminación natural deben responder a la disponibilidad de luz natural. Se pueden planificar zonas de luz natural. Los factores espaciales y psicológicos sugieren técnicas de iluminación, distribuciones de luminancia y sus magnitudes relativas que pueden lograrse con luz natural, luz eléctrica o ambas. Combine estos con los factores de tarea y las respectivas áreas de trabajo y mobiliario y surgirá un esquema de iluminación. Avanzar esto en un diseño de iluminación requiere una evaluación más detallada.
Ninguna cantidad de palabras, pasos, procedimientos o recetas pueden conducir a un diseño completo y exitoso. Lo que sigue aquí ejemplifica brevemente el desarrollo de un diseño de iluminación y pretende ilustrar aspectos en lugar de codificar el procedimiento. Es necesario realizar una revisión deliberada e iterativa del material de los capítulos 11, 12, 13, 14 y 15. No hay buenos atajos.

15.2.1 PENSAMIENTO INICIAL

Una extensión más detallada del pensamiento inicial implica tomar planos y elevaciones, por muy toscas o bien desarrolladas que sean y diagramar qué superficies se van a iluminar y en qué grado, incluidas características como las arquitectónicas, elementos y/o obras de arte. Además, identifique jerarquías funcionales, como vestíbulos de ascensores, áreas de recepción, áreas de trabajo/vivienda (de las cuales puede haber un tratamiento jerárquico adicional), entradas a edificios y caminos importantes del sitio, según lo justifique el tipo de proyecto. La “primera ejecución” de este ejercicio podría ser simplemente un diagrama de burbujas o un mapeo de luz. Es probable que este mapeo de luz se perfeccione a medida que avance el proyecto y se disponga de más información de evaluación sobre el diseño de iluminación. De hecho, **un ir y venir de ida y vuelta del esquema-evaluar-esquema-algo-más-evaluar-refinar** es un sello distintivo del diseño. Parte de esto es interno del equipo de diseño de iluminación y a medida que los esquemas evolucionan con mayor firmeza, otra parte se comparte con todo el equipo de diseño.

15.2.1.1 ILUMINACIÓN DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS REALES

Según los criterios y técnicas extraídas del Capítulo 12, el mapeo de luz puede detallar hasta qué punto las superficies arquitectónicas reales deben abordarse con luz. Cuando se programan técnicas de bañado de paredes, normalmente se aborda una pared o paredes enteras. Cuando se programan técnicas de patrones de luz, partes de paredes y/o cielorrasos generalmente se abordan en patrones que son simétricos y rítmicamente compatibles con la arquitectura, los interiores o el paisajismo para estilos de diseño convencionales y de manera más aleatoria cuando se utilizan estilos de diseño vanguardistas o deconstructivos empleados. Cuando se programan características focales, como materiales de pared especiales, se puede iluminar toda la característica o se pueden resaltar detalles expresivos dentro de la característica, o ambas cosas. Las obras de arte se acentúan especialmente cuando benefician el descanso visual y/o los requisitos de circulación/destino. Los planos de piso generalmente están iluminados, pero no particularmente resaltados, excepto cuando la programación identifica patrones de piso característicos como puntos focales importantes. Por lo tanto, la mayoría de los planos de planta se abordan mediante iluminación ambiental o los efectos de fondo de la iluminación de tareas, dependiendo de la naturaleza de las tareas dentro del área o habitación determinada. En muchos proyectos del sector privado, se puede lograr simplemente circular de un área o espacio a otro en distancias cortas con iluminación ambiental en el plano del piso. Sin embargo, si esta actividad de circulación tiene como objetivo fomentar interacciones casuales o reuniones breves como las que se pueden encontrar en entornos corporativos o lugares públicos o si se espera que la densidad de personas sea alta o que los extraños sean la norma en lugar de compañeros de trabajo familiares, entonces la iluminación no sólo se dirige al plano del suelo real sino que también se dirige a planos frontales imaginarios. Las recomendaciones de iluminancia de IES para este tipo de aplicaciones de circulación citarán criterios de iluminancia tanto horizontales como verticales, así como relaciones de uniformidad.

15.2.1.2 ILUMINACIÓN DE SUPERFICIES IMAGINARIAS

Identificar planos imaginarios a iluminar también es parte del proceso inicial de reflexión y del posterior refinamiento de una estrategia de diseño. Los planos frontales en áreas de circulación son superficies imaginarias a efectos de diseño y es probable que su ubicación y orientación se encuentren en cualquier lugar dentro de un rango relativamente estrecho que normalmente se ubica a 60” AFF en espacios donde los adultos son los usuarios principales. La figura 15.20 ilustra el concepto de dicho plano imaginario. Otras superficies imaginarias dependen de los tipos de espacios, las respectivas actividades y el progreso del diseño en la colocación de los muebles. En oficinas, cerradas o abiertas, o en aulas escolares, el área de tareas suele ser de 30” AFF. En áreas de espera y recepción, salones, salas de conferencias, iglesias, etc., la altura del regazo (aproximadamente 24” AFF para adultos típicos) es otro plano imaginario a considerar. Una vez que se han tomado decisiones sobre qué superficies, reales e imaginarias, se iluminarán, el grado en que la iluminación natural puede satisfacer las necesidades de iluminación y suponiendo que el espacio o los espacios se utilizarán durante las horas sin luz natural, se pueden considerar las selecciones de luminarias y realizar diseños de prueba propuestos y evaluados.



FIGURA 15.20 | PLANO VERTICAL IMAGINARIO En un pasillo o vestíbulo, para iluminar verticalmente las caras, se coloca un plano imaginario aproximadamente a la altura de las caras. Los cálculos de iluminación se realizan en puntos

situados a 5'AFF del plano. Tenga en cuenta que el plano tiene dos lados y las iluminancias se calculan en ambos lados. El plano está orientado perpendicular a las principales direcciones de circulación: normalmente dos direcciones en un corredor y cuatro direcciones en espacios de circulación más grandes, como un vestíbulo. Los planos pueden estar espaciados en centros de 2'. Los puntos de los planos pueden estar espaciados en centros de 2'.
» Imagen ©Mark Edward Atkinson/Blend Images/ Corbis

15.2.2 SELECCIONES PRELIMINARES DE LUMINARIAS

Las selecciones preliminares de luminarias son una confluencia de las funciones y efectos deseados de las luminarias, así como del estilo arquitectónico, la integración de sistemas, la eficiencia y los costos y plazos de entrega. Sin embargo, en este y en todos los hitos del diseño de iluminación, los resultados de iluminación merecen toda la atención si se desea obtener el máximo beneficio de los recursos que se gastan en la producción, el transporte y el uso de la iluminación. Los cronogramas de entrega, los costos y los puntajes ecológicos son desviaciones en esta etapa que fácilmente pueden hacer que un esquema de iluminación se centre menos en las necesidades de iluminación y el éxito a largo plazo y más en la conveniencia de la implementación y el reconocimiento a corto plazo. Esto de ninguna manera disminuye la validez del cronograma, el costo y los criterios de construcción sustentable, pero pretende ser una advertencia de que centrarse principalmente en estos elementos puede fácilmente comprometer la integridad y el éxito final a largo plazo de un diseño de iluminación.

15.2.2.1 ANALÍTICO Y ESTÉTICO

Los aspectos analíticos y estéticos se han definido fácil y extensamente previamente en los Capítulos 11, 12 y anteriormente en el 15 o en los propios términos de los diseñadores. La programación documenta estos aspectos y debe usarse para informar la selección de luminarias. Los respectivos capítulos de aplicación identifican iluminancia y criterios de luminancia específicos, así como anomalías de diseño específicas de la aplicación que influirán aún más en las selecciones. Tales anomalías podrían incluir requisitos de clasificación IP y de humedad y la necesidad de altas iluminancias que afectan la iluminación, la potencia y el tamaño de las luminarias. Cuando se programa, por ejemplo, un bañado de pared, son adecuadas las luminarias bañadores de pared. La variedad de opciones es significativa: tipos redondos, cuadrados y rectilíneos identificados en la Tabla 15.5 bajo “bañador de pared fijo” que proporcionan un baño frontal plano (consulte la Figura 23.1 [bañadores de pared con lente extendida ③]) o un baño acentuado (consulte la Figura 12.2) y ranuras de pared lineales que acentúan (ver Figuras 15.16 y 15.19a) o rozan (ver Figuras 15.5d y 21.1) la pared a iluminar. Las opciones se extienden además al acabado, la iluminación, el montaje, la intensidad y la uniformidad y dependen del efecto de iluminación deseado y de los criterios de iluminancia y luminancia involucrados.

15.2.2.2 ESTILO ARQUITECTÓNICO

Los esquemas de diseño contemporáneos o modernos suelen incluir hardware de diseño simple. Los esquemas de diseño tradicionales o históricos suelen contar con equipos de iluminación empotrados pequeños y discretos o luminarias decorativas y funcionales de estilo tradicional o de época, o ambos. En las variedades discretas, lo más pequeño suele ser mejor. En este sentido, funcionan bien los lineales muy estrechos, las aberturas estenopeicas, los adornos sin pestañas o los metales expuestos pintados. Al igual que las técnicas de iluminación de ensenadas, ranuras o nichos ocultas en molduras tradicionales o históricas o en detalles de doble pared. Independientemente del estilo, la escala y la forma de la luminaria también dependen de factores espaciales (ver Tabla 12.1a).

15.2.2.3 INFLUENCIAS DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

El diseño de la iluminación natural influye en las estrategias de iluminación eléctrica. La iluminación natural holística (ver 11.3.2.4 Estrategias de diseño/Iluminación natural) generalmente se conceptualiza un poco por delante de la iluminación eléctrica con respecto a las aberturas de luz natural, tipos y tamaños de medios, zonas iluminadas y orientaciones y, con suficiente planificación, acepta fácilmente estrategias de integración de luz eléctrica. Para minimizar el uso de energía de luz eléctrica y maximizar la comodidad de los ocupantes, se evalúan los aspectos de la luz natural y las oportunidades de integración de la luz eléctrica. Se exploran los estantes de luz, la luz natural perimetral y los diversos medios de luz natural

interior, incluidos atrios, patios, tragaluces, monitores y triforios. Se establecen geometrías arquitectónicas y acabados superficiales para una mejor distribución de la luz natural y al mismo tiempo minimizar el deslumbramiento intenso. Incluso las cortinas desempeñan un papel fundamental en el uso de energía de la luz eléctrica. La Tabla 15.7 describe varios aspectos de la luz natural y estrategias de integración de iluminación eléctrica. Consulte 14.14 Integración de iluminación eléctrica.

15.2.2.4 HOJAS DE CORTE PRELIMINARES

Las selecciones de luminarias generalmente se comparten en forma de hojas de corte preliminares. Estos ilustran los parámetros de estilo, físicos y dimensionales del equipo de iluminación y son una manera conveniente de documentar y presentar esta información a otros. Las hojas sueltas y los folletos pueden ofrecer alguna orientación sobre la aplicación, incluidos diagramas de diseño y espaciado, así como iluminancia o datos de luminancia. Si bien esta información no debe usarse para el diseño final, es un excelente recurso para diseños de prueba.

15.2.3 DISEÑOS DE PRUEBA

Los diseños de prueba son la evolución de la idea principal. Con una revisión iterativa y la orientación colaborativa de otros miembros del equipo, estos diseños de prueba y hojas de corte documentan esquemas de iluminación, si no diseños de iluminación preliminares. Estos diseños de prueba pueden comenzar como diseños esbozados a mano en los planos de mapeo de luz elaborados anteriormente o pueden convertirse en CAD inmediatamente si los fondos están disponibles en CAD. El uso de CAD, si bien es ciertamente excelente para realizar revisiones, implica cierta finalidad en el diseño. Durante las presentaciones con el equipo y el cliente, se debe enfatizar que estos son diseños preliminares para probar la reacción del equipo y del cliente y luego se utilizarán para evaluar el cumplimiento de los criterios a través de pruebas virtuales.

15.2.4 EVALUACIÓN

Aunque conceptualmente es suficiente para transmitir la intención del diseño, una vez que el equipo y el cliente han revisado y reconocido la dirección del diseño ilustrada por diseños de prueba u ofrecido aportes aunque son suficientes para justificar revisiones, los esquemas de iluminación en esta etapa necesitan una investigación y un escrutinio adicionales antes de avanzar al estado de diseño de iluminación, que luego se documenta en los planos y especificaciones para la construcción.

15.2.4.1 SELECCIONES DE EQUIPOS ESPECÍFICOS

Las revisiones del equipo y del cliente y el reconocimiento completo o calificado de los esquemas de iluminación indican que las selecciones de equipos específicos están en orden a medida que se realiza la preparación para evaluar los esquemas para el cumplimiento de los criterios y el presupuesto. Se debe extraer información catalogada de las hojas de corte para establecer un tipo de luminaria específico para su revisión en evaluación virtual. Se deben establecer, aunque sea de manera preliminar, detalles específicos como configuración óptica, iluminación, potencia, dispositivos auxiliares y acabados, para poder evaluar virtualmente los esquemas.

15.2.4.2 Visualizaciones Las visualizaciones pueden ser útiles para transmitir aún más la intención del diseño o, más importante aún, para explorar la extensión y profundidad del esquema de iluminación. Las vistas en planta bidimensionales de los diseños de iluminación y el mapeo de superficies iluminadas no pueden transmitir el carácter general de la escena con respecto a los matices de la arquitectura, los interiores y el paisajismo. Las visualizaciones preliminares pueden ser útiles, pero sólo si se califican las limitaciones de los medios y del proceso. Estas visualizaciones suelen incluir algún tipo de modelado tridimensional, fotografías manipuladas electrónicamente, representaciones de bocetos hechos a mano o modelos a escala, o alguna combinación. Independientemente de cuán profesional pueda parecer la presentación, estos métodos generalmente carecen de precisión visual en el hardware, los detalles y los efectos de iluminación, a menos que se utilice la fotometría real de las luminarias en su creación. Por supuesto que esto es un callejón sin salida. Sin la aceptación del equipo y del cliente de los esquemas de iluminación, la inversión de tiempo en generar representaciones o modelos de dichos esquemas preliminares con precisión fotométrica puede ser difícil de---

Cuadro 15.7 | Estrategias de Integración de Luz Natural, Luz Eléctrica y Luz

Luz Natural	Estrategia de Integración de Iluminación Eléctrica	
Estantes	Luz hacia arriba	Emule la calidad difusa de la luz diurna indirecta generada por estantes de luz.
	• iluminación hacia arriba desde estante	Integre la iluminación ascendente en la parte superior del estante sin comprometer la integridad y la funcionalidad del mismo
	• iluminación hacia arriba desde luminarias	Se recomiendan luminarias colgantes o integradas en pared, suelo o mueble, indirectas o directas/indirectas. Se recomienda detalle de cala frente a estante de luz.
	• iluminación hacia arriba desde los detalles arquitectónicos	Se recomienda el detalle de cala frente al estante de luz.
Zonas	Discretizar Diseños de Iluminación y Control	Correlacionar diseños de iluminación eléctrica y controlar la zonificación con la(s) zona(s) de luz natural.
	• perímetro	Controle de forma independiente las luminarias según la cobertura de luz natural perimetral, las orientaciones y los requisitos funcionales. Normalmente consta de una primera y/o segunda fila de luces desde el perímetro.
	• triforios/monitores/tragaluces	Controle de forma independiente las luminarias según la cobertura de luz natural interior, las orientaciones y los requisitos funcionales.
	• atrios y patios interiores	Controle de forma independiente las luminarias según la proximidad a atrios y/o patios interiores, orientaciones y requisitos funcionales.
Luminancias	Equilibrio	Equilibre las luminancias de los medios de luz diurna con las de las superficies interiores.
	• iluminar paredes opuestas a ventanas	Se recomienda la iluminación de las paredes opuestas a las ventanas y de las superficies de las paredes de alta reflectancia (LRV >60%).
	• iluminar cielorrasos	En áreas con luz natural, se recomienda iluminar hacia arriba cuando la luz del día disminuye y en superficies de cielorraso de alta reflectancia (LRV >90%).
		En áreas adyacentes a zonas con luz natural, se recomienda iluminación hacia arriba y superficies de cielorraso de alta reflectancia (LRV >90%).
Disponibilidad	Respuesta a la Luz Eléctrica	Ajustar la iluminación eléctrica según la disponibilidad de luz natural.
	• atenuación continua	En entornos con luz natural donde es probable la concentración y/o la duración prolongada de las tareas visuales, se recomienda la atenuación continua en tiempo real para una alteración visual mínima.
	• atenuación escalonada	En ambientes informales con luz natural, se utiliza regulación continua o escalonada en tiempo real.
	• encendido/apagado	En entornos transitorios con luz natural, se utiliza control de encendido/apagado o atenuación continua o escalonada en tiempo real.
	Automatizar	Ajuste la iluminación automáticamente para maximizar el beneficio de la luz natural disponible.
	• fotocélula	En zonas con luz natural, se recomiendan fotocélulas para detectar la luz del día y atenuar/intensificar las luces eléctricas según sea necesario para satisfacer las necesidades de iluminancia y luminancia.
	Persianas	Automatice el ajuste de sombras al menos en las elevaciones Este, Oeste y Sur para maximizar las oportunidades de iluminación diurna.
	• fotocélula	Se recomiendan fotocélulas para detectar la disponibilidad de luz natural y subir/bajar las cortinas según sea necesario para satisfacer las necesidades de iluminancia y luminancia sin un brillo incómodo.
	• posición solar	Los seguidores solares se utilizan para colocar cortinas que limiten la visión y el deslumbramiento del disco solar.

--- justificar. Sin embargo, sin algún tipo de herramienta de visualización, es posible que muchos clientes y algunos miembros del equipo no puedan apreciar los esquemas de iluminación propuestos. Por lo tanto, las visualizaciones sin precisión fotométrica final son la norma en esta etapa; las limitaciones deben quedar claras.

15.3 MODELADO

Probar esquemas de iluminación es parte de su perfeccionamiento hacia el diseño de iluminación de un proyecto. Con selecciones de luminarias específicas, la fotometría real de las luminarias se puede obtener de los proveedores de luminarias. Utilizando diseños de prueba, a cada luminaria se le asigna o designa un tipo, que es un código alfanumérico para realizar un seguimiento de las luminarias en el plano y en las especificaciones de luminarias. Luego se asocia la fotometría respectiva con cada tipo de luminaria a medida que se importa o crea el diseño de prueba en el software de cálculo. Luego, este modelado generalmente prueba los diseños de prueba para determinar el cumplimiento de los criterios de iluminación y sus efectos visuales en representaciones por computadora tridimensionales del proyecto. Los criterios importantes que se evalúan fácilmente incluyen luminancias, iluminancias, uniformidades y densidades de potencia de iluminación.

15.3.1 CÁLCULOS Y REPRESENTACIONES

La interpretación de valores numéricos en cálculos y esquemas de refinamiento es un esfuerzo iterativo. Como ocurre con cualquier uso de los recursos terrestres, una situación óptima es cuando simplemente se cumplen los criterios. Los objetivos de los criterios recomendados por IES se denominan deliberadamente objetivos. Los cálculos y las representaciones pueden ayudar al diseñador a identificar luminarias y diseños que cumplan con los diversos criterios de diseño y ayudar a refinar diseños prometedores o rechazar diseños marginales. Las herramientas de software de iluminación están disponibles sólo para estos fines. Algunas son básicas. Algunos proporcionan un conjunto de cálculos y representaciones. Algunos abordan la iluminación natural. Algunos pueden modelar formas y objetos complicados. Algunos son gratis. Consulte la Tabla 15.8 que describe aspectos clave del software, algunos detalles de interés y medidas de evaluación para evaluar el software de iluminación. [8]

Los objetivos de iluminancia y luminancia representan objetivos de diseño. Una vez establecidos los objetivos de iluminancia, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Un margen de ingeniería estándar de ±10% podría ser aceptable para objetivos de iluminancia medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.2 Iluminancias recomendadas en el momento de la ocupación, 4.12.5 Relaciones de iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia promedio y 10.8 Evaluación de resultados calculados.

Cuadro 15.8 | Encuesta sobre Programa Computacional de Iluminación

Aspectos del Programa Computacional	Especificaciones	Determinar o Evaluar
Paquete	Precio	
	• Básico	Características incluídas; licencia para un usuario o múltiples
	• Opciones	Características disponibles y costos asociados
	• Actualizaciones	Ciclos de actualizaciones; procedimientos requeridos para actualizar; servicio de suscripción
	Soporte Técnico	
	• Complementarios	Preguntas frecuentes, amplitud, profundidad, duración, tiempo de respuesta
	• Experiencia/Conocimiento	Años de operación, experiencia del equipo de trabajo en la industria de la iluminación
	Documentación	
	Descarga de Demostración	Verifique la interfaz del software; ejemplos de resultados; tiempo de ejecución; testimonios
Aplicaciones Generales	Interior	
	Exterior	
	Calzada	
	Proyección/Deportes	
	Escenario	
Especificaciones	Infraestructura	Requisitos computacionales y sistema operativo
	Áreas Máximas de Cálculo	Número máximo de áreas a calcular las cuales se puedan analizar de una vez
	El Máximo de Tipos de Luminarias	Número máximo de luminarias de diferentes tipos que puedan ser analizadas de una vez
	Luminarias Máximas	Número máximo de luminarias que puedan ser analizadas de una vez
	Puertos máximos de luz diurna	Número máximo de ventanas/tragaluces que puedan ser evaluados de una vez
	Unidades	Sistema Métrico frente al sistema utilizado en U.S.A; ¿Es esto posible de asignar?
	Tiempo de Cálculo	Tiempo típico requerido para geometría simple versus compleja con recursos computacionales mínimos
Análisis	Iluminancia	En cualquier orientación del plano; promedio, máximo, mínimo, coeficiente de variación
	Luminancia	En cualquier orientación del plano; promedios, máximos, mínimos
	Interreflexiones	Número de relexiones usadas en el cálculo; si es posible asignarlas
	Acabados de superficies	Reflectancias desde 1% a 99%; especular, semiespecular,difusa; de color
	Luz diurna	Autonomía para la luz diurna; horarios; diariamente; anual; resúmenes
	Deslumbramiento	
	Ahorros económicos	
	Energía	Información LPD y KWH calculada y rastreada
Características	Diagrama de Puntería	Diagrama de orientaciónes como parte del resultado
	Archivos CAD	CAD importable y exportable para acelerar las configuraciones de cálculo y salida
	Objetos en el Espacio	Obstrucciones y elementos 3D colocados.
	Geometrías	Geometrías simples 2D versus complejas 2D y 3D
	Procesamiento	Cálculos únicos y procesamiento por lotes de muchos cálculos.
	Enmascaramiento	Cualquier tipo de enmascaramientos para personalizar la salida de datos en áreas específicas
	Formato de Impresión	Campos personalizables; tipos de letras, variados tipos de vistas de salida y encuadernación
	Plantillas de Salida	Los datos de entrada sean automáticamente reportados; formatos personalizados y vistas de modelado
Interface de Usuario	Entradas/Ediciones	Sistema gráfico y/o de tabulación
	Dispositivos de entrada de datos	Teclado; ratón; digitalizador
Salida de Datos	Punto por Punto	Configuraciones de cuadrícula predeterminadas y configuraciones asignables por el usuario
	Contornos ISO	
	Vista de Modelo 3D	Posibilidad de viajar a través de vistas varias
	Modelados (Renders)	Escala de grises o escala de grises compleja o color con reflejos realistas
	Ploteo Escalado	Superponer salida de iluminación sobre fondos arquitectónicos/paisajísticos
Fotometría	Administrador de Datos	Personalización de fotometría para usuarios avanzados
	Visor	Vista gráfica de la fotometría
	Formatos Fotométricos	Formatos de entrada como archivos IES de cualquier proveedor de luminarias.

Los cálculos deben ser punto por punto, es decir, se establece una grilla de puntos sobre un espaciamiento que está relacionado con el tamaño de la zona o zonas a iluminar y se calculan iluminancias y luminancias en estos puntos. Un análisis de este tipo tiene la apariencia de un alto grado de precisión, especialmente si el software informa datos con más de un decimal. Sin embargo, hay demasiadas variables sobre las cuales el diseñador tiene poco o ningún control para lograr un alto grado de precisión. Los cálculos punto por punto pueden proporcionar resultados descriptivos y visuales que permiten al diseñador revisar y comprender mejor las ubicaciones de mínimos y máximos, variaciones locales, puntos oscuros, puntos brillantes, rayas y festones que sólo un cálculo y representación de una cuadrícula de puntos revela. Un método de cálculo como el Lumen o el Método de Cavidad Zonal no revelaría dicha información. Ver 10 | CÁLCULO DE LA LUZ Y SUS EFECTOS para más detalle. Una cuadrícula de puntos brinda orientación sobre la idoneidad de la ubicación de la luminaria, la distribución de intensidad y la orientación. Aunque siempre se espera "exactitud", los factores desconocidos de instalación y pérdida de luz y las variaciones en la fotometría de las luminarias y la precisión de los cálculos sugieren que interpretemos los valores absolutos producidos por los cálculos con un margen de maniobra considerable. A medida que el proceso esquemático iterativo avanza hacia un diseño, se deben reevaluar los cálculos que muestran que los diseños propuestos y las selecciones de luminarias no han cumplido los objetivos de los criterios en más del 30%. Considere revisar los diseños, las lámparas o los tipos de luminarias hasta lograr márgenes más ajustados (consulte 4.12.4.1 Iluminancias recomendadas en el momento del diseño).

Sin embargo, los cálculos deben definirse meticulosamente con toda la información transmitida con la mayor precisión posible, incluidos aspectos tales como particiones móviles, como las que se pueden encontrar en oficinas abiertas, o estanterías, como a veces se encuentran en bibliotecas, almacenes y salas de almacenamiento. Sin embargo, las sombras corporales no se tienen en cuenta debido a su naturaleza temporal y/o densidad desconocida. Por lo general, tampoco se tienen en cuenta las sombras de los vehículos, dados sus perfiles desconocidos, su proximidad a otros vehículos y sus patrones de uso. Las evaluaciones de los datos de entrada y salida deben ser exhaustivas. Consulte 10.8 Evaluación de los resultados calculados. No se puede permitir que la arquitectura, los interiores y/o los paisajes cambien sin reevaluar los diseños y cálculos de iluminación. Este grado de rigor debe utilizarse para evaluar continuamente el cumplimiento de los criterios numéricos durante las fases de DD y CD. La Tabla 15.9 identifica algunas de las influencias clave que afectan el resultado y la interpretación de los cálculos y representaciones de iluminación. Cuanta menos atención se preste a estas influencias, más probabilidades habrá de que los cálculos sean defectuosos y mayores serán los errores. Los resultados calculados pueden tener un error de hasta un 50% o incluso un 100% si la integridad de sólo algunos de los datos de entrada es sospechosa. La interpretación de las representaciones se limita a los datos de entrada y los medios de salida. Como se señaló anteriormente, lo mejor es la fotometría real de la luminaria. Otros datos de entrada incluyen los valores de color y reflectancia de superficies y objetos, el grado de detalle arquitectónico incluido en el modelo y la situación de iluminación natural. Los colores y las reflectancias deben ser tan precisos o apropiados para el estado de diseño del proyecto vigente en ese momento. Si los diseñadores de interiores aún no han finalizado los acabados, analicen lo que podría ser posible y al mismo tiempo, recomienden acabados de alta reflectancia (alto LRV) más sostenibles para un mejor uso de la energía de la iluminación. Los detalles arquitectónicos son importantes para el realismo y la precisión, pero los detalles que son complicados y/o extensos afectarán el tiempo de cálculo; es mejor mantenerlos hasta que se realicen las primeras rondas de cálculos para refinar y establecer el diseño de iluminación.

Los modelados (renderizados) se utilizan para evaluar de forma aproximada las luminancias relativas y su uniformidad, falta de uniformidad, simetría, asimetría e irregularidades. Las renderizaciones se juzgan mejor en pantallas de ordenador, ya que éstas pueden mostrar una gama mayor de luminancias que las imágenes impresas. Las figuras 11.3a, 3b y 3c ilustran cómo se puede utilizar una serie de renderizados para evaluar las luminancias relativas. Consulte 10.5 Representaciones basadas en cálculos.

Cuadro 15.9 | Influencias en el Cálculo

Factor	Influencia	Ajustes en el Cálculo	Fuente de Datos[a]: Diseñador(es) de Iluminación	Otro(s) Miembro(s) del Equipo	Proveedor(es)	Cliente(s)/Usuario(s)
Iluminación	Lámpara					
	• salida de lúmenes	Identifique las clasificaciones de lúmenes actuales de los proveedores para las lámparas bajo consideración.	✔		✔	
	• depreciación de lúmenes	Establecer ciclos de reemplazo de lámparas e identificar los índices de depreciación lumínica actuales de los proveedores para las respectivas lámparas bajo consideración.[b]	✔		✔	✔
	• inclinación	Identifique las clasificaciones de lúmenes actuales de los proveedores para las lámparas inclinadas que se están considerando[c]	✔		✔	
	Balasto					
	• balasto/salida de lámpara	Identifique los BF para balastos/lámparas bajo consideración y ajuste la salida de luz en consecuencia .[c]	✔		✔	
	Voltaje					
	• variación de lo normal	Identifique las variaciones de voltaje esperadas, si las hay, e identifique los resultados de rendimiento previstos de los proveedores de balasto/controlador/transformador. c	✔	✔	✔	✔
	Accesorios					
	• tipos y cantidades	Establezca filtros y/o persianas adicionales anticipados y ajuste la fotometría de los proveedores de luminarias en consecuencia.	✔		✔	
	Luminaria					
	• fotometría	Establezca las luminarias previstas, incluidos los acabados de reflectores/molduras y los requisitos ópticos, e identifique la fotometría actual de los proveedores de luminarias para las mismas.	✔		✔	
	• suciedad	Establecer ciclo de limpieza anticipado y factor de depreciación de suciedad de luminarias. b	✔		✔	✔
	Controles					
	• ajustes de salida	Establezca los ajustes de control previstos y ajuste la salida de luz en consecuencia.	✔		✔	✔
Ambiente	Temperatura					
	• ambiente	Identifique la temperatura ambiente prevista y ajuste la fotometría de los proveedores según sea necesario. C	✔	✔	✔	✔
	Reflectancias					
	• superficies de la habitación	Identifique/recomiende las reflectancias esperadas de la superficie de la habitación y calcule en consecuencia.	✔	✔		
	• superficies sucias de la habitación	Identificar/recomendar el ciclo anticipado de limpieza/repintado y establecer el factor de depreciación de la suciedad de la superficie de la habitación. b	✔			✔
	Obstrucciones					
	• sobre el plano de trabajo	Identifique particiones u otros objetos que bloqueen la luz relativamente fijos y establezca los factores de ajuste del cálculo en consecuencia. C	✔	✔		✔

a. Aunque los proveedores tienen o deberían tener gran parte de estos datos técnicos, el diseñador de iluminación asegura esta información en función de las necesidades específicas del proyecto.
b. Consulte también 10.7.1.2 Factores de Pérdida de Luz Recuperables.
C. Ver también 10.7.1.1 Factores de Pérdida de Luz no Recuperables.

La iluminación natural afecta considerablemente a las representaciones. Si se pretende que el diseño sea funcional durante las horas de oscuridad, la luz del día no necesita ser parte de los cálculos preliminares donde se lleva a cabo el refinamiento de la iluminación eléctrica. Sin embargo, en última instancia será necesaria una serie de cálculos de iluminación natural para refinar aún más los diseños de iluminación eléctrica, las distribuciones e intensidades fotométricas y controlar la zonificación para integrarse mejor con la iluminación natural y maximizar los ahorros de energía operativa en iluminación eléctrica. Los cálculos de iluminación natural por sí solos son necesarios para refinar los esquemas de iluminación natural y deben realizarse antes de analizar los esquemas de iluminación eléctrica.

IESH/10e Recursos de Evaluación de Campo

> 4.12.4.2 Iluminancias Recomendadas en el Momento de la Ocupación
• para obtener más información sobre la interpretación de mediciones de campo
• para conocer la importancia con respecto al rendimiento visual

> 9.8 Medición de Iluminancia
• para más información sobre medidores de iluminancia

> 9.15 Mediciones de Campo
• para obtener más información sobre cómo determinar la iluminancia promedio
• para obtener más información sobre los procedimientos de medición

15.3.2 RESULTADOS DE CAMPO

Si bien los cálculos ayudan a finalizar los esquemas de diseño y las selecciones de equipos, su confiabilidad sólo se extiende para ayudar al diseñador, al equipo y al cliente a predecir la idoneidad de las soluciones para cumplir con los criterios. Los cálculos y representaciones no garantizan que se cumplan los criterios ni que todos estén satisfechos con el resultado. Para limitar la decepción, los miembros del equipo y los clientes/usuarios deben ser informados continuamente, si no forman parte del proceso de programación y diseño.

Para limitar aún más la decepción o la sorpresa, es útil mirar hacia el período posterior a la construcción. Los resultados de campo son un contrapunto a la naturaleza predictiva de los cálculos y representaciones. Como se muestra en la Tabla 15.10, una serie de variables, algunas de las cuales se abordan en los cálculos, influirán en el cumplimiento de los criterios y las percepciones de cumplimiento. Algunos de ellos son una cuestión de informar o educar al equipo y al cliente. Por ejemplo, algunas tecnologías de lámparas requieren un largo período de “calentamiento” desde el momento en que se activan hasta que alcanzan un funcionamiento razonable u óptimo. Otros son una cuestión de especificación, adquisición, entorno térmico, integridad eléctrica e instalación. Aunque una instalación puede considerarse aceptable si las mediciones muestran que los criterios de iluminancia están dentro del 30 por ciento de sus valores objetivo (habiendo tenido en cuenta los efectos de los factores de pérdida de luz que no son evidentes en las lecturas iniciales), los aspectos operativos, ambientales y de instalación pueden fácilmente dar lugar a resultados positivos en resultados de campo que están 50 por ciento o más fuera de los valores objetivo. La Tabla 15.10 es una guía de resolución de problemas que identifica los factores que contribuyen a las diferencias entre el rendimiento de campo y las predicciones. Las aplicaciones individuales pueden tener diferentes criterios de tolerancia.

Cuanto más finitos sean los criterios de evaluación, más difícil de alcanzar puede resultar el cumplimiento. Evaluar y cumplir con valores promedio suele ser menos desafiante que evaluar y combinar con valores mínimos.

15.3.3 PRESUPUESTOS

Los presupuestos suelen ser un proceso continuo y entrelazado con la iluminación (y las otras disciplinas de la construcción). A medida que se calculan y representan los diseños de prueba y evolucionan hacia los diseños finales, los costos de iluminación deben evaluarse con respecto a las expectativas presupuestarias. Las variaciones deben anotarse y explicarse. Conciliar las estimaciones con los presupuestos es un ejercicio necesario y a veces, desafiante. El final del desarrollo del diseño es un hito especialmente importante para conciliar costes y presupuestos. En muchos proyectos, la iluminación constituye una pequeña fracción del costo total del proyecto. Irónicamente, sin embargo, la iluminación es casi la única responsable de cómo se representa la arquitectura, los interiores y/o el paisajismo y si las energías incorporadas en esas categorías están, por lo tanto, bien servidas y mucho menos de la comodidad y función de los usuarios. Además, en la mayoría de los proyectos, si no se abordan la eficiencia y la fotometría, la iluminación puede ser responsable de un porcentaje sustancial de la carga conectada y del uso de energía. Por lo tanto, durante la conciliación

de costos, la discusión de estos mismos aspectos es primordial. Los ejercicios de ingeniería de valor (VE) de buena fe intentarán mejorar el valor del ciclo de vida y la economía de la iluminación mediante profesionales calificados en iluminación que estudien esquemas de diseño, materiales y métodos alternativos sin comprometer los criterios del programa. La VE no debería ser un ejercicio de reducción de costos y no debería ser una carga de alcance o de honorarios para el equipo de diseño. [9] Véase también 18.2 Estimación de costos.

15.4 DISEÑOS

Después del esquema de diseño, el cálculo y las iteraciones de renderizado, el diseñador y/o el equipo documentan los últimos cálculos y registros de LPD, evaluaciones energéticas y esfuerzos de puntuación ecológica, según corresponda. Este nivel de esfuerzo da como resultado diseños de iluminación y selecciones de luminarias y por lo general, concluye el desarrollo del diseño. Surgen cambios de diseño por parte de otras disciplinas y durante la documentación de construcción se llevan a cabo mejoras continuas de iluminación que abordan los esfuerzos de integración y especificación.

Cuadro 15.10 | Influencias de las Mediciones de Campo y Guía de Solución de Problemas

			Fuente de Información				
Factor	**Influencia**	**Efectos**	**Especificación en Iluminación**	**Otras Diciplinas**	**Instalación**	**Distribuidores**	**Educar Clientes/Usuarios**
Iluminación	**Lámpara**						
	• **preparación**	Excepto las LED, las lámparas deben curarse durante un mínimo de 12 horas y hasta 100 horas antes de su uso normal. Las lámparas sin curar pueden presentar anomalías en la coloración y en la salida de luz durante el funcionamiento inicial y, en el caso de las lámparas fluorescentes con controles de atenuación, pueden presentar una vida útil más corta. Consulte a los proveedores de lámparas y controles para conocer las condiciones óptimas y garantizadas.	✔		✔	✔	✔
	• **sustituciones**	La salida de luz es específica del tipo de lámpara y de la marca.	✔		✔		✔
	• **precalentamiento**	Con excepción de los LED y los halógenos IR, el calentamiento de la lámpara desde un "arranque en frío" (lámpara apagada durante al menos una hora y/o la temperatura ambiente es inferior a la óptima del proveedor de la lámpara) hasta una salida estabilizada puede tardar hasta 1 hora.					✔
	• **posición de funcionamiento**	La salida de luz es sensible a la posición para algunas lámparas CMH y fluorescentes.	✔				
	Balasto						
	• **sustituciones**	La salida de luz es específica del tipo de balasto y de la marca.	✔		✔		✔
	Voltaje						
	• **nominal disponible**	El voltaje primario o secundario puede afectar la salida de luz y la vida útil de los componentes.	✔	✔	✔		
	Accesorios						
	• **tipos y cantidades**	Los filtros y/o rejillas afectan la salida y/o distribución de la luz.	✔		✔	✔	✔
	Luminaria						
	• **fotometría**	Los datos fotométricos incorrectos o malos afectan en gran medida los resultados de iluminación.	✔			✔	
	• **acabado reflector/revestimiento**	Los acabados incorrectos afectan en gran medida la salida y/o distribución de la luz.	✔		✔		
	• **lentes**	La utilización de lentes incorrectas afecta en gran medida la salida y/o distribución de la luz.	✔		✔		
	• **protección de manipulación**	Los revestimientos y/o embalajes protectores de reflectores, rejillas y/o lentes, si se dejan en su lugar, son perjudiciales para el rendimiento.			✔		
	• **suciedad**	El polvo, la suciedad y el exceso de pintura de la construcción afectan la salida y distribución de la luz.	✔		✔		✔
	Controles						
	• **ajustes de recorte**	Algunos controles se envían de fábrica o se programan en el campo con ajustes de ajuste en niveles reducidos que afectan en gran medida la salida de luz y pueden afectar la eficiencia general del sistema.	✔		✔	✔	✔
Ambiente	**Temperatura**						
	• **ambiente**	La temperatura ambiente puede ser perjudicial para la producción de lúmenes de las lámparas fluorescentes y LED. Confirmar condiciones óptimas y garantizadas con proveedores.		✔		✔	✔
	• **luminaria**	Las temperaturas en las luminarias pueden ser perjudiciales para la producción de lúmenes y/o la vida útil de las lámparas fluorescentes, halógenas IR y LED y/o balastos/controladores/transformadores. Confirmar condiciones óptimas y garantizadas con proveedores de luminarias.				✔	
	• **componentes de la lámpara**	La mayoría de las lámparas exhiben algunos componentes sensibles a la temperatura, algunos alcanzan sus límites cuando simplemente se operan al aire libre. Confirme la compatibilidad de las lámparas y las limitaciones operativas con los proveedores de luminarias.				✔	
	Reflectancias						
	• **cielosrrasos**	Los resultados de iluminación de estrategias que exhiben gran cantidad de luz hacia arriba se ven muy afectados por las reflectancias del cielorraso.		✔	✔		
	• **paredes**	Los resultados de iluminación de estrategias que exhiben luz hacia abajo difuso se ven afectados por las reflectancias de las paredes.		✔	✔		
	• **pisos**	Los efectos de iluminación de los sistemas que utilizan luz hacia abajo se ven afectados por las reflectancias del suelo.		✔	✔		

15.4.1 DISEÑOS

En los diseños, las luminarias se representan mediante símbolos a los que se asignan tipos de luminarias para rastrear su ubicación y características destacadas de cada variedad. En muchos proyectos, es por este punto es que los diseños se documentan en CAD 2D o 3D. Los símbolos de luminarias son una ayuda para los estándares específicos del proyecto o a falta de ellos, del enfoque típico de los diseñadores.
Los estándares nacionales CAD y los símbolos estándar ANSI-IES son opciones, pero adicionalmente se pueden desear grados de información visual más allá de simples círculos y rectángulos requeridos para muchos proyectos. [10] [11] Se puede deducir mucho de las revisiones de planos 2-D anteriores al inicio de la construcción con símbolos detallados. Por ejemplo, qué luces son de lamas, que tienen lentes, que presentan óptica indirecta empotrada de doble cesta y que presentan una óptica indirecta empotrada de una sola cesta y las respectivas direcciones de orientación pueden transmitirse fácilmente con símbolos apropiados. Esto puede facilitar la referencia al plan durante construcción. Consulte 20.3.1 Planos de Iluminación.

15.4.2 LUMINARIAS

Las selecciones de luminarias durante la fase DD generalmente se registran en cronogramas de hojas de cálculo y/o con una colección de hojas sueltas. El agendamiento de DD normalmente se organizan por luminaria, escriba en orden alfanumérico para mayor comodidad, al igual que las hojas sueltas. Esta información puede más tarde utilizarse para el desarrollo de especificaciones de luminarias.

15.4.3 CONTROLES

Los controles suelen ser sistemas interdisciplinarios. A menos que el miembro del equipo que sirve en el papel del diseñador de iluminación también es el del ingeniero eléctrico, entonces existe cierto grado de coordinación debe tener lugar entre los planes de distribución de iluminación y la implementación y especificación de los controles. En la fase DD del proyecto, los diseños de iluminación deben viñetearse si no están completamente desarrollados con esquemas de zonas de control y posibles ubicaciones de estaciones de control. Las indicaciones deben estar formadas por áreas que serán controladas por fotocélulas, sensores de ocupación y/o temporizadores.

15.4.4 INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los factores del sistema descritos en el Capítulo 12 identifican, entre otras cosas, la instalación y mantenimiento como parte del proceso de diseño. Los esquemas de iluminación deben revisarse con respecto a la instalación y mantenimiento antes de finalizar un diseño. Aunque el equipo, los plazos de entrega y los ciclos de mantenimiento son importantes, la ubicación real del equipo de iluminación se debe considerar la configuración en el espacio 3D y cómo se puede instalar y mantener.
La accesibilidad debe revisarse con otros miembros del equipo, en particular el arquitecto y con el cliente. Cuando los contratistas formen parte del equipo de diseño, se les debe consultar para periciar. A veces no hay más opciones de diseño que ubicar equipos de iluminación en zonas de difícil acceso. El grado de dificultad determinará el alcance de los costos involucrados en la instalación y mantenimiento continuo. En algunas situaciones, la instalación puede ser relativamente sencilla, por ejemplo, un gran elevador articulado de cuatro ruedas puede permitir la instalación donde la altura del techo sea superior a unos pocos pisos o donde las luces estén sobre áreas inaccesibles como depresiones de piscinas. Sin embargo, para que este mismo ascensor abordar el mantenimiento después de la finalización del proyecto, se deben tomar disposiciones para permitir que los grandes ascensores para entrar al edificio y desplazarse a la zona de interés.

Cuando los lugares de mantenimiento son de difícil acceso, lo mejor son las lámparas de mayor duración que las de menor duración. Incluso cuando dos o tres proveedores diferentes ofrecen lámparas de igual rendimiento, si una de ellas

presenta una vida útil más larga, es apropiado preferir esa lámpara. Si dos o tres proveedores de luminarias diferentes ofrecen equipos de igual rendimiento, si uno de ellos presenta un procedimiento de mantenimiento menos engorroso, es apropiado dar preferencia a esa luminaria. Cuando se utilizan luminarias de múltiples lámparas y la iluminación se puede controlar en dos o más zonas, el control alterno automatizado puede proporcionar ciclos de vida en servicio más prolongados, como se hace en la Figura 15.21. Esto puede resultar en cambios de lámpara menos frecuentes.



FIGURA 15.21 | MANTENIMIENTO
Dependiendo de las condiciones de luz natural, en este vestíbulo se utilizan todas o algunas de las luces. Una estrategia de control que puede alargar los ciclos de cambio de lámparas es alternar automáticamente entre juegos de lámparas durante situaciones en las que sólo se necesita la mitad de las lámparas. Aunque todas las lámparas pueden energizarse durante las horas de oscuridad, sólo el par de lámparas izquierdo se energiza durante las horas del día en días impares cuando las fotocélulas o los relojes consideran que la luz eléctrica es necesaria. En los días pares sólo se enciende el par de lámparas adecuado. » Imagen www.jnnaconochie.com

Si no se pueden usar escaleras o ascensores para acceder al equipo de iluminación, es posible que se requieran andamios o aparejos. El cliente debe evaluar el costo o la interrupción de estas técnicas antes de finalizar los esquemas de iluminación. Aunque la promesa de los LED de vida extraordinariamente larga parece la panacea para lugares de iluminación de difícil acceso, se sabe que los LED fallan una vez instalados. Discuta estos aspectos y las garantías de los proveedores con los clientes para que se tomen decisiones informadas sobre el uso de estas lámparas en lugares de difícil acceso. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica recomendada para el mantenimiento planificado de iluminación interior para obtener información adicional.

15.5 REFERENCIAS

[1] Kelly R. 1955. Lighting's Role in Architecture. Archit Forum. 102(2):152-169.

[2] Steffy G. 2004. Design problems associated with aisle lighting. Leukos. 1(1):25-42.

[3] IP - Ingress Protection Rating, The Engineering ToolBox. [Internet]. cited April 2010. Available from: http://www.engineeringtoolbox.com/ip-ingress-protection-d_452.html.

[4] IP Code, Wikipedia. [Internet]. cited April 2010. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/IP_Code.

[5] ANSI/IEC 60529-2004, Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code) (identical national adoption). Washington, DC: NEMA .

[6] [DOE] US Department of Energy. 2008. Energy Star Program Requirements for Solid State Lighting Luminaires: Eligibility Criteria - Version 1.1. Washington, DC: USDOE.

[7] Office of the Governor. 2010. Safe Passage Great Lakes Days, 2010 Proclamations. [Internet]. cited April 2010. Available: http://www.michigan.gov/gov/0,1607,7-168-25488_54480-232454--,00.html.

[8] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America, Computer Committee. 2002. IESNA Lighting Design Software Survey 2002. LD+A 32(7):35-43.

[9] Cullen S. 2006. Value Engineering. In: Whole Building Design Guide. [Internet]. cited July 2010. Available from: http://www.wbdg.org/resources/value_engineering.php.

[10] United States National CAD Standard® - Version 4.0. Washington, DC: National Institute of Buildings Sciences, 2007. p. UDS-06.122.

[11] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2000. Design Guide for Application of Luminaire Symbols on Lighting Design Drawings, ANSI/IESNA DG-3-00. New York: IESNA. pp 4-6.


©Michael Maltzan Architecture, Inc.

16 I CONTROLES DE ILUMINACIÓN

Con la luz adecuada, en el momento adecuado, todo es extraordinario.

Aaron Rose, director de cine, curador de arte.

Contenido

Los controles de iluminación son un componente esencial de cualquier sistema de iluminación, sirven para múltiples propósitos y van desde simples interruptores activados por el usuario hasta controladores de escena avanzados, sistemas automáticos controlados por sensores y sistemas de control digital en red. Además del control básico de encendido/apagado, se utilizan para adaptar la iluminación a las funciones del espacio, las tareas y las preferencias del usuario, al tiempo que mejoran la comodidad, rendimiento, atractivo estético y ahorro de energía. Para sistemas tricolores, como los LED RGB, el sistema de control puede variar el color de fuente. Los controles de iluminación desempeñan un papel clave en la gestión de la energía. A medida que las fuentes de luz eléctrica se han vuelto más eficientes energéticamente y la densidad de potencia de iluminación instalada ha disminuido en los últimos cuarenta años, el control de la iluminación se ha convertido en el medio principal para lograr ahorros de energía adicionales minimizando o eliminando el uso de iluminación eléctrica siempre que sea posible. El control de la iluminación que reduce la potencia de iluminación por motivos estéticos también ahorra energía. Este capítulo describe el proceso de diseño de sistemas de control de iluminación, seguido de una discusión de las tecnologías disponibles y sus beneficios y cómo se aplican estos sistemas.

16.1 CONTROLES DE ILUMINACIÓN: EL PROCESO DE DISEÑO

Los controles de iluminación deben abordarse durante cada fase del proceso de diseño de iluminación que se describe en 11.3 Proceso de diseño del edificio. El proceso de diseño comienza con una fase de programación y finaliza con la puesta en servicio del sistema de iluminación y el equipo de control. A continuación se presentan algunas de las consideraciones clave sobre el control de la iluminación que se deben abordar durante las distintas fases del diseño.

16.1.1 EL PROGRAMA DE CONTROL

Durante la fase de programación, el diseñador de iluminación desarrolla un programa para los controles de iluminación, enumerando los requisitos de control especiales para cada uno de los espacios, para el edificio en su conjunto y para cualquier interfaz requerida con equipos externos, como una red de control para todo el campus. Los requisitos del sistema relacionados con códigos, iluminación natural, tareas y funciones espaciales, características de rendimiento, flexibilidad de control, gestión de energía e integración de sistemas ayudan a definir el sistema de control y pueden influir en la selección de fuentes y el diseño de luminarias. Se deben revisar los códigos de energía y seguridad humana aplicables para el edificio y los tipos de espacios individuales, ya que estos pueden restringir o requerir características o dispositivos de control de iluminación específicos. El programa de control también debe abordar a los usuarios del espacio y cómo interactuarán con el sistema de control de iluminación. Las investigaciones han demostrado que los usuarios están más satisfechos con su entorno de trabajo cuando pueden controlar el sistema de iluminación y el uso de estos controles ofrece ahorros de energía cuando seleccionan configuraciones de salida más bajas o sólo activan una parte del sistema [1]. [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]. Si un sistema de control de ahorro de energía produce incomodidad o molestia a los ocupantes, es probable que se desactive y se pierda cualquier ahorro de energía previsto.

16.1.2 DISEÑO ESQUEMÁTICO

El proceso de diseño de iluminación esquemática comienza a refinar el programa de control, a medida que el equipo de diseño propone soluciones que abordan las necesidades operativas y de espacio, así como los presupuestos de los proyectos. En esta fase, se describe la operación del sistema de control de iluminación para el esquema de iluminación propuesto. Esto es particularmente importante cuando se considera el control de fotosensores sensibles a la luz natural, una red de control centralizada o un sistema de control para todo el edificio.

16.1.3 DESARROLLO DEL DISEÑO

El desarrollo del diseño implica la selección, análisis y disposición de todo el material de iluminación, incluido el sistema de control. El equipo del sistema de control se selecciona y finaliza una vez que el diseño del equipo de iluminación está disponible, se han determinado las zonas de control y se conocen las cargas de iluminación dentro de estas zonas.

16.1.3.1 ZONAS DE CONTROL Y PROGRAMAS DE CARGA

Las zonas de control (a veces denominadas canales de control) son grupos de luminarias que se conmutan o atenúan juntas y deben organizarse para proporcionar flexibilidad, distribuciones de luz apropiadas para efectos funcionales y estéticos y ahorro de energía. Para dimensionar los circuitos de iluminación y los equipos de control de iluminación se utilizan programas de carga, que consideran el tipo de fuente y/o balasto y la potencia de iluminación dentro de cada zona. Para las zonas que se van a atenuar, las zonas de control constan de luminarias y/o lámparas del mismo tipo para una atenuación consistente y confiable. El diseño de las zonas de control generalmente se basa en agrupaciones de equipos de iluminación de acuerdo con uno o más de los siguientes:

• Por la característica arquitectónica, área o tarea que se ilumina

• Por el acceso a la luz natural para permitir ahorros de energía en las zonas con iluminación natural

• Por el funcionamiento cronograma para control manual y cronograma

• Para proporcionar control multinivel en espacios mediante conmutación o atenuación

• Por tipo de equipo

16.1.3.2 SELECCIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO

Las necesidades de control de iluminación se abordan en la selección y diseño del equipo de control de iluminación. Los requisitos del código, la necesidad de cambiar entre diferentes escenas de iluminación dentro de un espacio, la ubicación de las estaciones de control y el programa de carga dictan qué dispositivos de interfaz de usuario y equipo de control son apropiados. Cuestiones adicionales, como la facilidad de reconfiguración futura de la zona de control, la necesidad de control o monitoreo centralizado, los requisitos de espacio y el costo también impactan la selección del sistema. El equipo de control debe ser compatible con el equipo que se controla, como transformadores de bajo voltaje, balastos de atenuación, controladores LED y en algunos casos, lámparas. Más adelante en este capítulo se proporcionan más detalles sobre las opciones del sistema disponibles.

16.1.4 DOCUMENTOS CONTRACTUALES

El equipo de control seleccionado debe identificarse y especificarse adecuadamente en los documentos del contrato, que incluyen planos de iluminación, planes de energía, diagramas de cableado de control, la secuencia de operación del sistema de control y especificaciones escritas (consulte la Figura 20.3 | Control de iluminación), conjunto de símbolos de controles y sección 20.5 Programación preestablecida de controles). En los casos en que se requieran selecciones de equipos alternativos para fines de licitación, se deben proporcionar opciones equivalentes. Una secuencia de operación para el sistema de control representa una buena práctica, facilita la puesta en servicio y es requerida por la mayoría de los sistemas de calificación de edificios sustentables.

16.1.5 PUESTA EN SERVICIO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema, es fundamental que los sistemas de control de iluminación estén correctamente puestos en servicio. La puesta en servicio incluye validar que los sistemas se hayan instalado como se describe en los documentos del contrato; que los dispositivos preestablecidos, como los controladores de escena, estén programados con ajustes apropiados para las escenas de iluminación deseadas; y que los sensores de ocupación y los sistemas basados en fotosensores estén calibrados y probados para garantizar el funcionamiento adecuado dentro de cada espacio. Los códigos de construcción también pueden exigir pruebas funcionales.

Para el control de escenas, las escenas de iluminación generalmente las establece el diseñador de iluminación para acomodar diferentes funciones espaciales, requisitos energéticos o efectos estéticos. Los sensores de ocupación y los sistemas de fotosensores deben ser puestos en servicio por una persona que esté familiarizada con el funcionamiento del sistema instalado. Esta persona puede ser un empleado del fabricante del equipo, un comisionista o un contratista eléctrico experimentado.

16.2 Estrategias de control de ILUMINACIÓN

Esta sección enumera y describe una variedad de estrategias de control de iluminación disponibles. La tabla 16.1 proporciona un resumen de estas estrategias, dónde se aplican, sus ventajas y otros detalles relevantes. Con muchas de estas estrategias, la intención de control se comunica desde un controlador de caja de pared, un sensor o un sistema de control central a un dispositivo de control mediante una señal analógica o digital. El control analógico se puede enviar a través de un circuito de voltaje de línea o de bajo voltaje, mientras que el control digital generalmente implica la comunicación a través de un cable Cat5 o un par de cables (a menudo #16 AWG o más pequeños). Algunas aplicaciones emplean una señal portadora de línea eléctrica digital. Se proporcionan más detalles sobre las opciones del protocolo de control en 16.5 Protocolos de control.

16.2.1 ENCENDIDO/APAGADO

El encendido/apagado se realiza comúnmente en la entrada de un espacio, según lo exige el código y en otros lugares de conveniencia para los usuarios. La conmutación se utiliza generalmente en espacios donde se pretende que el funcionamiento del sistema de iluminación esté encendido o apagado o donde la conmutación de grupos individuales de luces puede proporcionar un ajuste suficiente de la iluminancia del plano de trabajo y las distribuciones de luminancia generales o localizadas. Algunos códigos de energía [10] [11] requieren la conmutación multinivel e implica la conmutación de diferentes lámparas dentro de luminarias o diferentes luminarias dentro de un diseño para proporcionar dos o más niveles de iluminancia dentro de un espacio. En espacios con iluminación natural, esto proporciona ahorros de energía cuando un usuario determina que no es necesaria una salida de luz total y activa sólo una parte del equipamiento disponible.

El encendido/apagado es la técnica de control de iluminación más sencilla y proporciona el coste de instalación más bajo. Este método de control, sin embargo, limita la flexibilidad a un estado encendido o apagado en cada una de las zonas de control. En espacios de trabajo compartidos y algunos espacios públicos, los ocupantes pueden sentirse molestos o confundidos por el cambio repentino de todo o parte del sistema de iluminación, particularmente cuando este control está automatizado.

Con el control manual, es mejor limitar la cantidad de interruptores en cualquier ubicación, para no complicar el funcionamiento del sistema y aumentar el desorden. Cuando se proporcionan más de dos conmutadores, resulta útil etiquetarlos, especialmente en espacios con múltiples usuarios, como aulas o salas de conferencias. Los controladores de escena son otra opción.

16.2.2 ATENUACIÓN

El control de atenuación es más costoso que la simple conmutación, pero proporciona un control flexible de la salida hasta el nivel mínimo proporcionado por el equipo de atenuación. Cuando se aplica la atenuación, las percepciones del brillo del espacio no están relacionadas linealmente con los valores medidos de luminancia. Por ejemplo, para lograr un espacio que parezca la mitad de brillante, la salida del sistema de iluminación se debe reducir a aproximadamente un 32 % y para una décima parte del brillo percibido, a aproximadamente un 2 % de la salida de luz total (consulte 4.3.3 Cálculo de brillo aproximado). . Los sistemas de atenuación se aplican en espacios donde se desea o es beneficioso una mayor flexibilidad, un bajo rendimiento y transiciones suaves o lentas entre configuraciones. El costo relativo del equipo de atenuación es bajo para los sistemas de filamento y alto para los sistemas fluorescentes, LED y HID, donde se requieren balastos de atenuación, controladores o interfaces más complejas. El control de la salida de luz por parte de los ocupantes generalmente se logra mediante el uso de atenuadores de pared o controladores de escena de iluminación. La mayoría de los sistemas de atenuación para lámparas de incandescencia implican un triac, ya sea integrado en un interruptor de pared o en un dispositivo de control de estación de pared multizona, o integrado en un panel de atenuación separado.

Triac: *Un triac (triodo para corriente alterna) es un interruptor electrónico bidireccional que contiene electrodos de compuerta que elimina una porción de cada mitad de la onda sinusoidal de voltaje (variando el ciclo de trabajo). La eliminación de una parte de la onda sinusoidal reduce el voltaje RMS entregado a una lámpara de filamento, lo que atenúa la lámpara.*

Cuadro 16.1 | Opciones de Control de Iluminación y su Aplicación

Método de Control	Cuando Aplicar	Comentarios
Sí/No	• Cuando la iluminación de un espacio o zona de control se utilizará únicamente a plena potencia	• Proporciona control al ocupante • Económico
Atenuación	• Cuando se desea un rango de niveles de salida de luminarias individuales	• Flexible • El sistema de iluminación se puede adaptar a las necesidades del espacio y de los ocupantes • Más caro que cambiar. Se requieren balastos de atenuación para fuentes fluorescentes.
Control de Escena	• Cuándo los usuarios de un espacio se beneficiarán del acceso a diferentes escenas de iluminación preestablecidas, como cuando se atenúan varias zonas de iluminación	• Cómodo y sencillo para el usuario • Flexible, adapta la iluminación a las funciones del espacio • Más caro que la conmutación y regulación estándar
Atenuación por Fotosensor	• Cuando la luz natural está presente en cantidades suficientes para servir como fuente principal de luz para un espacio o área y el control del sistema de iluminación eléctrica debe ser imperceptible.	• El control y el ahorro de energía en respuesta a la luz del día son automáticos • La recuperación de la inversión generalmente no es corta debido al alto costo de los balastos de atenuación y las bajas densidades de energía • Requiere un diseño y puesta en servicio adecuados del sistema de iluminación
Activación por Fotosensor	• Cuando la luz del día está presente en cantidades suficientes para permitir que una zona de control de iluminación esté completamente apagada durante una gran fracción del tiempo y una reducción repentina en la producción de luz eléctrica es aceptable	• Menos costoso que la atenuación con fotosensor • Es posible una recuperación rápida de la inversión • Los ocupantes se oponen a los sistemas de conmutación automática en la mayoría de los espacios de trabajo • Requiere un diseño y puesta en marcha adecuados del sistema de iluminación
Control por Ocupación	• Cuándo es probable que la iluminación permanezca encendida cuando se desocupa el espacio	• Relativamente económico. • Los ahorros potenciales de energía son significativos.
Control por Temporización	• Cuando los patrones repetibles de uso del espacio hacen deseable la programación de la hora del día	• El control del sistema de iluminación es automático durante los períodos previstos de ocupación • Los niveles de iluminación pueden reducirse para funciones menos críticas, como la limpieza de espacios y la reposición de espacios comerciales • Se requieren acciones de anulación del sistema • Se deben proporcionar múltiples tiempos de apagado para apagar las luces después de la anulación del sistema

Las lámparas de filamento se pueden atenuar suavemente hasta llegar a cero emisión de luz; sin embargo, la atenuación reduce tanto la eficacia como la temperatura del color. Al atenuar lámparas halógenas de bajo voltaje, el atenuador debe ser compatible con el tipo de transformador, que puede ser electromagnético o electrónico.

La atenuación de sistemas fluorescentes requiere balastos de atenuación especiales que reciben una señal de un dispositivo de control y controlan las lámparas en consecuencia (consulte 7.3.6.6 Atenuación). Esta señal sigue uno de varios protocolos estándar o uno patentado desarrollado por el fabricante del sistema de control (consulte 16.5

Protocolos de control). Los balastos de atenuación generalmente están diseñados para operar lámparas fluorescentes hasta un 10%, 5% o 1% de su potencia total. Se prefieren sistemas con 1% de salida mínima en aplicaciones de atenuación arquitectónicas donde se desea una luminosidad espacial muy baja. Los balastos con salida mínima más alta se aplican comúnmente en fotosensores y otras aplicaciones donde el objetivo principal es el ahorro de energía. Los balastos de atenuación están disponibles para lámparas fluorescentes lineales y compactas, aunque no todas las lámparas están aprobadas para aplicaciones de atenuación. Ciertas lámparas fluorescentes compactas con base de rosca con balastos integrales y lámparas LED afirman ser compatibles con atenuadores de lámparas de filamento estándar, principalmente para uso en aplicaciones residenciales. Es importante consultar con el fabricante del equipo de atenuación para verificar la compatibilidad de estas lámparas con el equipo de atenuación. Algunos fabricantes han rediseñado sus atenuadores para adaptarse mejor a las lámparas CFL y LED regulables.

En aplicaciones de atenuación fluorescente, algunos fabricantes recomiendan que las lámparas no se atenúen durante sus primeras horas de funcionamiento. NEMA recomienda encender lámparas fluorescentes a máxima potencia durante la noche para eliminar impurezas si muestran inestabilidad durante la atenuación inicial o si se utilizan en una instalación crítica [12].

Los balastos de atenuación escalonada son otro medio para lograr la atenuación y están disponibles tanto para lámparas fluorescentes como para lámparas HID. Si bien la atenuación escalonada se aplica con menos frecuencia en los sistemas fluorescentes, es el enfoque de atenuación más común para los sistemas HID. Con los balastos de atenuación escalonada de HID, se conectan diferentes condensadores mediante relés para variar la salida de luz. La atenuación continua de las lámparas HID es posible con balastos de atenuación electrónicos o balastos de voltaje de línea acoplados con un transformador de voltaje variable o control de fase; sin embargo, el rango de atenuación es pequeño y este enfoque rara vez se aplica.

NEMA recomienda atenuar las lámparas HID (MH y HPS) a no menos del 50 % de su potencia total para evitar fallas prematuras [13]. Un nivel de potencia del 50% corresponde a una salida de luz de aproximadamente 25-30%, ya que la eficacia de la lámpara HID se reduce cuando se atenúa. Con las lámparas de halogenuros metálicos, también es probable que se produzca un cambio en el color de la lámpara cuando se atenúa, y el CCT disminuye a medida que el color de la lámpara cambia hacia azul verdoso. Las lámparas HID no deben atenuarse hasta que funcionen a plena potencia durante al menos 15 minutos después del calentamiento. Esta característica de retardo a menudo está integrada en el balasto o en el sistema de control. Finalmente, las lámparas de halogenuros metálicos con encendido por sonda pueden limitarse a posiciones operativas con la base hacia arriba en aplicaciones de atenuación.

Los equipos de iluminación de estado sólido se pueden atenuar a niveles de salida de luz tan bajos como 1% mediante el uso de un controlador LED con capacidad de atenuación. La atenuación se proporciona más comúnmente mediante la modulación de ancho de pulso de la corriente continua suministrada a los LED. Otras ventajas de la atenuación de LED incluyen un aumento tanto en la eficacia como en la vida útil, ya que los LED funcionan a temperaturas más bajas cuando se atenúan.

16.2.3 CONTROL DE ESCENA

Los controles de escena son una solución de control común en espacios que funcionan mejor con configuraciones preestablecidas de zonas de control de iluminación. Esta forma de control implica la atenuación y/o conmutación de grupos de equipos de iluminación para alterar la luminancia de la habitación o las distribuciones de iluminancia, o para cambiar la funcionalidad, el ambiente o la apariencia de un espacio. El control de escena permite al usuario seleccionar una configuración de iluminación preestablecida presionando un solo botón. Para las zonas atenuadas, también se puede ajustar el tiempo de transición o la tasa de desvanecimiento que se aplicará al pasar de una configuración a otra. Las velocidades de desvanecimiento en espacios de conferencias y reuniones deben ser relativamente rápidas (<3 segundos),

mientras que las velocidades de desvanecimiento preferidas en espacios como restaurantes pueden ser superiores a un minuto. Ejemplos de espacios en los que se aplica comúnmente el control de escena incluyen:

• restaurantes, donde se aplican diferentes entornos para el almuerzo, la cena y la limpieza

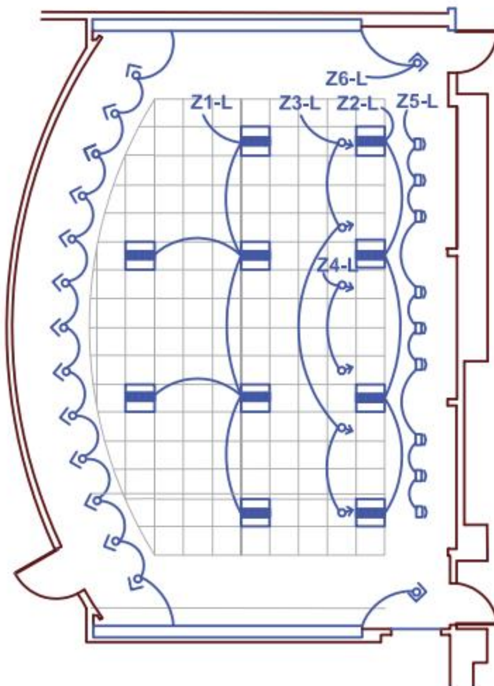
• una sala de conferencias, donde actividades como reuniones cara a cara, presentaciones audiovisuales y actividades de videoconferencia requieren diferentes condiciones de iluminación

• una sala de conferencias o un aula grande donde las tareas visuales varían entre una pizarra o pizarra blanca, una pantalla de proyección o el escritorio en el caso de un examen

• aplicaciones minoristas donde las configuraciones pueden corresponder a negocios normales, limpieza y almacenamiento, e iluminación nocturna, que puede incluir la operación de los dispositivos de control de escenas, aumentan los costos asociados del sistema de control, pero simplifican enormemente la interfaz del usuario con el sistema de control de iluminación al reemplazar múltiples interruptores y atenuadores con una estación de pared con un solo botón o un teclado que proporciona una recuperación instantánea de las escenas disponibles. La figura 16.1 contiene un ejemplo.







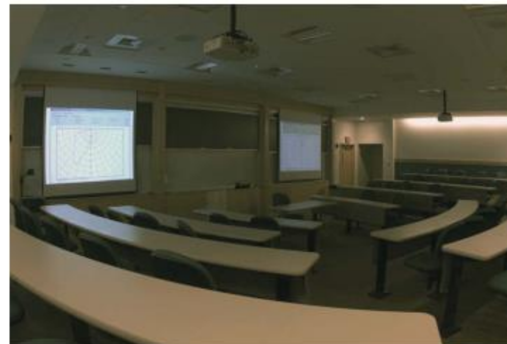




FIGURA 16.1 | DISPOSITIVOS DE CONTROL DE ESCENA EN UN SALÓN DE CLASES

» El control de escena se aplica en este salón de clases para permitir que el instructor controle convenientemente las condiciones de iluminación de la sala. El plano del cielorraso reflejado muestra las seis zonas de iluminación: iluminación general trasera, iluminación general frontal, acentos en los altavoces delanteros izquierdo y derecho, acento del podio (centro), pizarrones y sistemas de lavado de paredes laterales y traseros. Tres de estas escenas se muestran a la derecha y las dos imágenes superiores muestran el estado completo. » Imágenes ©Richard Mistrick

16.2.4 CONTROLES INTEGRADOS DE LUZ NATURAL

Los espacios con iluminación natural ofrecen la oportunidad de lograr ahorros de energía utilizando la luz natural como fuente principal de luz y la luz eléctrica complementa la luz natural según sea necesario. Los fotosensores y los algoritmos basados en computadora pueden controlar la iluminación eléctrica y los dispositivos de sombreado en las aberturas de luz natural para proporcionar una iluminación adecuada del espacio y de las tareas y limitar la penetración de la luz natural o del sol, reducir la luminancia y el deslumbramiento de las ventanas y mantener niveles aceptables de comodidad visual [14].

16.2.4.1 CONTROL DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

El control automático de la salida de luz eléctrica en áreas con iluminación natural se puede lograr cambiando o atenuando el equipo de iluminación basándose en una lectura del fotosensor que monitorea la luz natural que ingresa a un espacio o el nivel combinado de luz natural y eléctrica dentro de ese espacio. Estos sistemas garantizan que la energía de iluminación eléctrica se reduzca cuando haya luz natural disponible. Un algoritmo de control convierte la lectura del fotosensor en un nivel de atenuación o condición de conmutación deseados. La colocación y calibración del fotosensor son clave para lograr ahorros de energía y al mismo tiempo satisfacer las necesidades de las tareas y los ocupantes [15]. Se proporcionan más detalles sobre estos sistemas y sus algoritmos de control en 16.3.5 Fotosensores. En algunas aplicaciones, los niveles de luz eléctrica se elevan en respuesta a niveles más altos de luz natural para mejorar la adaptación entre los niveles exteriores altos y los niveles interiores más bajos. Ejemplos incluyen las entradas a túneles y estacionamientos, algunos vestíbulos y espacios de transición a teatros y auditorios.

16.2.4.2 CONTROL DE SOMBRAS

Los acristalamientos verticales en espacios de trabajo y los acristalamientos horizontales en espacios que requieren luz natural altamente controlada (como museos) generalmente están equipados con dispositivos de protección ajustables (persianas de lamas o cortinas enrollables de tela) para bloquear o difundir la luz solar directa o para reducir los niveles de luz natural interior y la luminosidad de las ventanas. Estos dispositivos de protección solar se pueden controlar automáticamente mediante el uso de fotosensores, relojes o computadoras que evalúan la posición solar y las condiciones de luz diurna. En el caso de persianas horizontales y persianas operables, el ángulo de la persiana/rejilla se puede ajustar automáticamente según la posición solar y la intensidad de la luz solar. Con las cortinas enrollables de tela, las cortinas se pueden bajar a una o más posiciones prescritas según las condiciones de luz diurna medidas. Una estrategia de control de sombreado debe intentar mantener la vista desde la ventana tanto como sea posible y al mismo tiempo proporcionar niveles aceptables de comodidad visual. Dado que la preferencia de los ocupantes por las sombras o la vista puede diferir de la configuración de un sistema automatizado, muchos de estos sistemas cuentan con anulaciones de los ocupantes. Algunos sistemas aprenden a ajustar configuraciones futuras basándose en los datos recopilados de las solicitudes de anulación de un ocupante.

16.2.5 DETECCIÓN Y CONTROL DE OCUPACIÓN

La iluminación eléctrica que permanece encendida en espacios que están desocupados suele ser un desperdicio de energía. Los sensores de ocupación incorporan sensores de movimiento que detectan la ocupación y pueden encender la iluminación cuando alguien ingresa a un espacio y apagarla cuando el espacio queda vacío. Algunos códigos de energía requieren que el ocupante encienda la iluminación, lo que tiene el potencial de ahorrar energía adicional, particularmente en espacios con luz natural. Cuando los sensores están configurados para apagar la iluminación sólo cuando un sensor no detecta actividad dentro de un espacio, se les puede denominar sensores de vacantes. Para simplificar, el resto de este capítulo se referirá a ambas configuraciones de estos dispositivos (encendido/apagado y sólo apagado) como sensores de ocupación. La técnica de control de ocupación más común consiste en apagar la iluminación después de que haya transcurrido un período de tiempo determinado durante el cual no se detecta ocupación. En algunos casos, por motivos de seguridad, puede ser conveniente configurar la iluminación a un nivel más bajo, en lugar de apagarla completamente, cuando un espacio está desocupado. Se proporciona una discusión más detallada sobre los sensores de ocupación en 16.3.4 Sensores de ocupación/vacancia.

16.2.6 CONTROL DE TIEMPO

El control de tiempo toma la forma de un horario basado en el tiempo o interruptores cronometrados. El control del horario es un medio menos indulgente de control de ocupación, pero útil en espacios que tienen un horario operativo bien conocido y consistente. Estos dispositivos pueden ser mecánicos, electrónicos o controlados por computadora. La iluminación se enciende durante el horario normal de funcionamiento y se apaga o en condiciones reducidas, en el resto del tiempo. La capacidad de anulación es necesaria cuando un espacio se va a ocupar fuera del horario habitual. Para aplicaciones exteriores o interiores donde el control debe configurarse según las horas de salida y puesta del sol, un reloj astronómico puede controlar los equipos de iluminación durante todo el año. Estos dispositivos requieren ingresar la ubicación del sitio (latitud y longitud), la hora del día y el día del año. Los interruptores temporizados son otro medio de control basado en el tiempo que se puede aplicar en espacios donde la ocupación es generalmente breve e intermitente. El usuario enciende el equipo de iluminación a través de un dial en un dispositivo mecánico o botones en un dispositivo electrónico, permitiendo que las luces funcionen durante un período de tiempo específico, después del cual el sistema apaga la zona de iluminación controlada. Históricamente, los interruptores temporizados se han utilizado en espacios como las bibliotecas, aunque los sensores de movimiento/ocupación son otra opción para estas aplicaciones.

16.2.7 AJUSTE DE TAREAS

Cuando hay presente un sistema de atenuación, las condiciones de iluminación se pueden ajustar a las tareas en cuestión. Si un sistema de iluminación proporciona más iluminancia de la requerida para una tarea en particular, la salida del sistema se puede reducir para ahorrar energía y en algunas situaciones, mejorar la visibilidad de la tarea, como en el caso de las tareas informáticas. Las áreas de oficinas abiertas, espacios de circulación, áreas de archivos, áreas de conferencias y cubículos de oficina se pueden ajustar a sus valores de iluminancia recomendados. Con los balastos digitales, la sintonización se logra fácilmente para cada balasto del sistema, mientras que para otros tipos de balasto, la sintonización sólo es posible en toda una zona de control.

16.2.8 MANTENIMIENTO DE LÚMENES

El mantenimiento de lúmenes implica ajustar la salida de la lámpara con el tiempo para mantener una salida de luz constante a medida que las lámparas envejecen y la acumulación de suciedad reduce la salida de la luminaria. Esto puede ahorrar energía, ya que la práctica de diseño requiere la aplicación de factores de pérdida de luz que dan como resultado espacios excesivamente iluminados cuando las lámparas son nuevas y los equipos de iluminación están limpios. Con el control de mantenimiento de lúmenes, las lámparas se atenúan cuando son nuevas o la corriente de las lámparas aumenta a medida que el sistema envejece. Normalmente se aplica un fotosensor u otro dispositivo que monitorea el rendimiento de la lámpara o las condiciones de iluminación de la habitación. A medida que las lámparas envejecen y se acumula

suciedad, la potencia de entrada aumenta para compensar las pérdidas del sistema y mantener constante la salida de luz. Las lámparas fluorescentes actuales pierden sólo una pequeña fracción de su producción lumínica inicial a lo largo de su vida útil, por lo que rara vez se aplica mantenimiento de lúmenes a estas fuentes. Una excepción es el caso de los fotosensores de circuito cerrado en espacios con luz natural, donde el mantenimiento del lumen es un beneficio inherente de estos sistemas (consulte 16.3.5.6 Control de circuito cerrado). Otras aplicaciones que tienen en cuenta el mantenimiento del lumen incluyen sistemas de iluminación deportivos especializados y algunos controladores SSL que aumentan la potencia de las lámparas durante la vida útil del sistema para mantener una salida constante.

16.2.9 RESPUESTA A LA DEMANDA

Durante los períodos de máxima demanda eléctrica, puede resultar rentable reducir el consumo de energía de un edificio para evitar cargos más altos por la energía eléctrica. Algunos ejemplos incluyen: programas de tarifas según la hora del día donde el costo de la electricidad varía con la demanda del sistema; emergencias de demanda máxima, donde las empresas de servicios públicos solicitan a los principales usuarios que reduzcan su carga en el sistema eléctrico y medición de la demanda, donde una parte de la factura eléctrica se basa en la demanda máxima de kilovatios registrada en períodos de 15 o 30 minutos durante el transcurso de un mes. Con los cargos por demanda, las cláusulas de trinquete pueden establecer el cargo mínimo por demanda en meses futuros como una fracción de la demanda máxima medida durante los seis o doce meses anteriores, proporcionando un incentivo adicional para reducir la demanda máxima mensual. En cualquiera de estos escenarios, el operador del edificio o en algunos casos la empresa de servicios públicos, puede reducir temporalmente la energía eléctrica máxima apagando cargas no esenciales y atenuando el sistema de iluminación eléctrica (que puede incluir áreas de trabajo) a través de un sistema de control centralizado. Varios estudios han evaluado la satisfacción de los ocupantes cuando los sistemas se atenúan en condiciones de deslastre de carga [16] [17]. Estos estudios han demostrado que la iluminación eléctrica en la mayoría de las aplicaciones se puede atenuar lentamente hasta un 30% sin quejas por parte de los ocupantes. Los sistemas automáticos, como el fotosensor de luz natural y el control de ocupación, también reducen la demanda máxima al reducir o eliminar la potencia de iluminación en espacios con iluminación natural y desocupados [18] [19].

16.2.10 CONTROL CENTRALIZADO/EN RED

En muchos edificios, así como en campus corporativos e institucionales, es posible que se desee un control centralizado de los equipos de iluminación para monitorear y gestionar las cargas del edificio. Dicho control se puede lograr mediante dispositivos de control en red, como circuitos de iluminación atenuados, paneles de atenuación, relés o paneles de relés y equipos de iluminación controlados digitalmente para permitir la programación horaria, el deslastre de carga y el monitoreo desde una ubicación centralizada. Con el control centralizado, la iluminación también se puede integrar en un sistema de automatización de edificios (BAS) integral. Estos sistemas proporcionan un único punto de control para iluminación, HVAC, seguridad y otros sistemas del edificio. Información de dispositivos sensores, como los sensores de ocupación se pueden utilizar no sólo para controlar equipos de iluminación, sino también con fines de seguridad y para controlar equipos HVAC que sirven a un espacio. Estos sistemas son capaces de monitorear el funcionamiento del sistema y permiten realizar una amplia variedad de funciones de control, como programación, deslastre de carga y detección de fallas de equipos.

Para que el equipo de control de iluminación funcione en un BAS, el equipo de control de iluminación debe configurarse para comunicarse con la red de control principal. Existen varios estándares abiertos para estas redes, siendo los más populares BACnet (consulte 16.5.5 BACnet) y LonTalk, un producto comercial. Si el sistema de control de iluminación está funcionando en su propia red patentada, se emplea un dispositivo de puerta de enlace para traducir comandos y respuestas entre el sistema BAS y el dispositivo o red de control de iluminación. En algunos casos, la capacidad de comunicarse con el BAS puede incorporarse directamente en el dispositivo, como en el caso de un panel de control de

iluminación. Los dispositivos de puerta de enlace independientes se utilizan generalmente para interactuar con una red o sistema de iluminación que controla múltiples zonas o dispositivos.

El control centralizado se puede utilizar para la gestión de energía, desplazamiento o deslastre de carga y para monitorear el uso del espacio, cortes o equipos defectuosos. La retroalimentación del sistema facilita el mantenimiento del edificio en óptimas condiciones operativas, lo que ayuda a maximizar tanto el confort de los ocupantes como la eficiencia energética.

16.3 TECNOLOGÍA

Esta sección proporciona detalles sobre los equipos y sistemas de control de iluminación utilizados para lograr los tipos de control de iluminación descritos anteriormente.

16.3.1 ENCENDIDO/APAGADO

Históricamente, la mayoría de los interruptores de pared han sido dispositivos de voltaje de línea, que abren y cierran el cable de fase (cable caliente) que suministra energía/voltaje a las luminarias. Cuando este método básico de control de iluminación se aplica en una sola ubicación, se utiliza un interruptor unipolar, como se muestra en la Figura 16.2. El cable neutro completa el circuito de regreso al panel. En la mayoría de las aplicaciones residenciales, el cable neutro también pasa por la caja de interruptores, pero nunca está conectado a un interruptor de palanca.

Si la iluminación debe controlarse desde dos ubicaciones diferentes, se pueden usar interruptores de voltaje de línea de tres vías en ambas ubicaciones. Los interruptores de tres vías se denominan técnicamente interruptores unipolares de dos posiciones. El primero de estos interruptores de tres vías recibe energía no conmutada del panel y conecta la energía entrante a uno de los dos cables de viaje salientes.

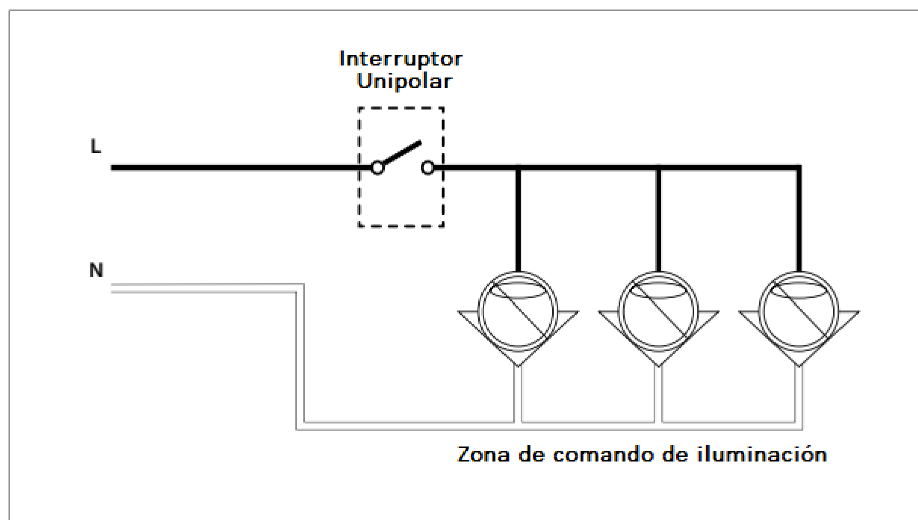


FIGURA 16.2 | INTERRUPTOR UNIPOLAR

Un interruptor unipolar controla el cable de fase (L) a un grupo de luminarias. El cable neutro (N) completa el circuito de regreso al tablero.

Los cables de viaje se enrutan juntos al segundo interruptor de tres vías, que se conecta a la inversa para alternar entre los dos cables de viaje y el cable de salida único resultante luego se conecta al equipo de iluminación. Esta disposición permite controlar el sistema de iluminación con cualquiera de los interruptores (consulte la Figura 16.3). Si se requiere conmutación en tres o más ubicaciones, el primer y último interruptor de la serie son interruptores de tres vías y cualquier interruptor intermedio es un interruptor de cuatro vías (también llamados interruptores bipolares y de dos vías), que conectan las entradas y salidas en pares de cables de viaje salientes alternando qué cable entrante está conectado a cada cable saliente a medida que cambia la posición del interruptor. Un ejemplo de esta configuración de conmutación se muestra en la Figura 16.4. El cableado dividido de luminarias de tres y cuatro lámparas, donde las luces centrales se encienden por separado de las luces exteriores, es un medio común para lograr el control multinivel y permite operar una luminaria de tres lámparas usando una, dos o tres lámparas y una luminaria de cuatro lámparas que funcionará a plena o media potencia (consulte la Figura 16.5). En algunos sistemas de tres lámparas, las lámparas centrales están conectadas en tándem y los pares de luminarias vecinas comparten un balasto de dos lámparas para mejorar la eficacia y la economía del sistema. La distancia permitida a la segunda luminaria está limitada por los criterios de longitud del cable del balasto.

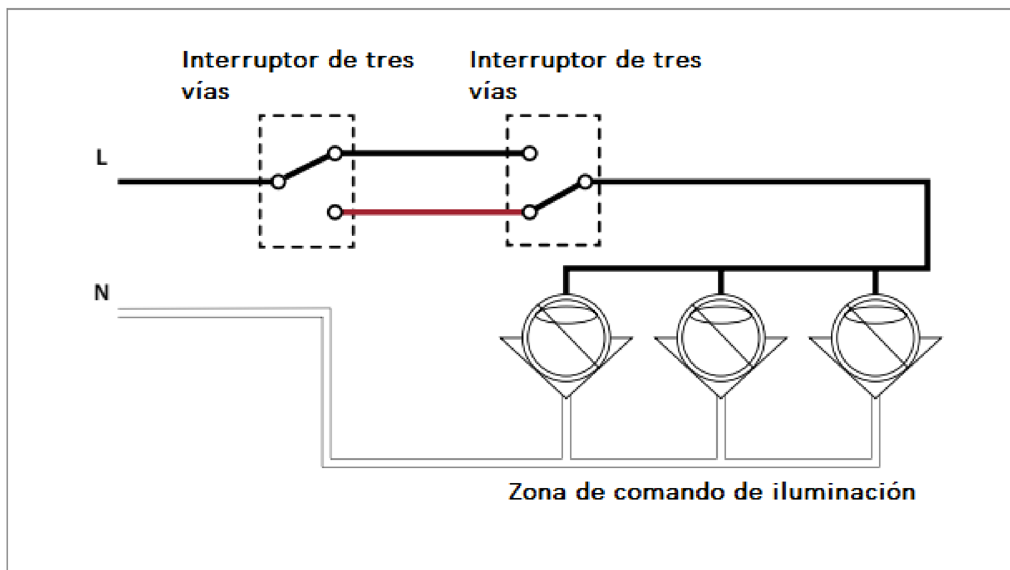


FIGURA 16.3 | INTERRUPTOR DE TRES VÍAS

Los interruptores de tres vías permiten conmutar equipos de iluminación desde dos ubicaciones. Un par de cables de viaje conectan los dos interruptores como se muestra y uno de estos dos cables siempre está energizado. En este diagrama, las luminarias están apagadas ya que los dos interruptores están conectados a cables de viaje diferentes.

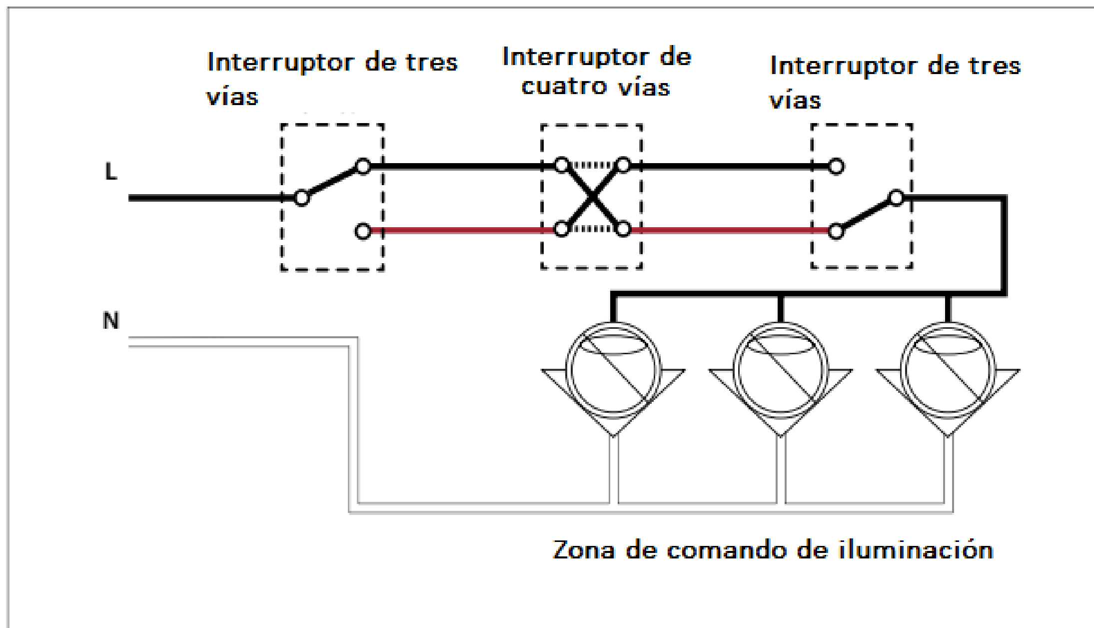


FIGURA 16.4 | INTERRUPTOR DE CUATRO VÍAS

Para la conmutación de voltaje de línea en tres o más ubicaciones, el primer y último interruptor son de tres vías, mientras que los interruptores intermedios son de cuatro vías. Los interruptores de voltaje de línea de cuatro vías conectan los dos cables entrantes y salientes en paralelo o en una disposición cruzada para alterar cuál de los cables de viaje salientes está energizado. Una persona puede cambiar el estado de encendido/apagado del sistema de iluminación activando cualquiera de los interruptores de esta disposición.

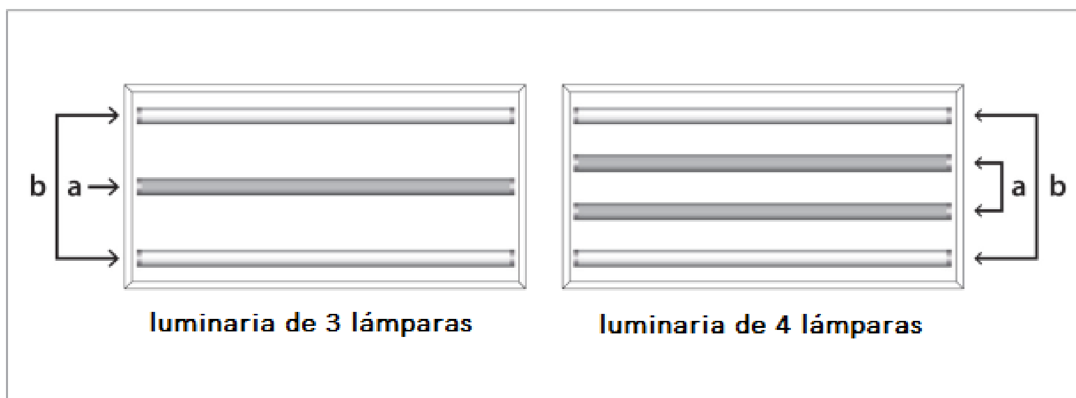


FIGURA 16.5 | CONMUTACIÓN MULTINIVEL DE LUMINARIAS DE TRES Y CUATRO LÁMPARAS.

Estas disposiciones proporcionan atenuación escalonada mediante una simple conmutación de los grupos de lámparas **a** y **b**. Perceptualmente, un tercio de la luz, la mitad y dos tercios de la potencia luminosa corresponden aproximadamente al 50%, 70% y 80% de la luminosidad total de la habitación.

16.3.2 RELÉS

Los relés son otra tecnología para conmutar circuitos de iluminación. Los relés se activan mediante interruptores de bajo voltaje o señales de control recibidas de otros dispositivos y pueden instalarse en cajas de conexiones cerca de un espacio (consulte la Figura 16.6) o pueden montarse dentro de tableros de relés que también contienen dispositivos de protección de sobrecarga de circuito (disyuntores). Consulte las Figuras 16.7 y 16.8 para ver los esquemas de diseño del sistema de control para ambas configuraciones. Los paneles de relés se utilizan a menudo cuando las cargas que se controlan son grandes o cuando una cantidad significativa de circuitos de iluminación están controlados por temporizadores o dispositivos remotos. Dado que los balastos electrónicos y ciertas lámparas pueden exhibir una corriente de irrupción que excede significativamente su corriente de operación, los relés deben ser capaces de manejar la corriente de irrupción total proporcionada por el equipo que controlan. Del mismo modo, los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben dejar pasar esta corriente sin dispararse. En algunos sistemas, las acciones de control del relé pueden ser audibles.

16.3.3 ATENUADORES

El control de atenuación es una alternativa más flexible al simple cambio de equipos de iluminación, con una variedad de equipos disponibles para proporcionar esta función.

16.3.3.1 ATENUADORES DE CAJA DE PARED

Los atenuadores de zona única están disponibles en una variedad de estilos para adaptarse a fuentes de luz y condiciones de carga específicas. Consulte la Figura 16.9 para ver algunos ejemplos. El atenuador debe adaptarse tanto al tipo como a la magnitud de las cargas que se controlan. Por ejemplo, se necesitan diferentes productos para atenuar cada variedad de lámpara, incluidas lámparas de voltaje de línea, de bajo voltaje electromagnético y de filamento electrónico de bajo voltaje, lámparas fluorescentes y lámparas SSL, aunque estos productos tienen la misma apariencia general montados en la pared. Las unidades maestras y remotas (a veces denominadas unidades esclavas o satélites) que están disponibles en algunas líneas de productos permiten un control de tres o cuatro direcciones, donde se pueden seleccionar niveles de iluminación o escenas en más de una ubicación. En algunos modelos, el circuito de atenuación está integrado en la unidad de caja de pared, mientras que en otros está ubicado en un panel de atenuación. Cuando se atenúa una cantidad significativa de equipos de iluminación, a menudo se emplean paneles de atenuación. Estos paneles suelen estar ubicados en un armario eléctrico y constan de módulos de atenuación que son demasiado grandes para caber dentro de un dispositivo de pared. Ver Figura 16.10. Los dispositivos de pared en estas aplicaciones son dispositivos analógicos o digitales que transmiten una señal de control a los módulos de atenuación dentro del panel.



FIGURA 16.6 | RELÉ DEL PAQUETE DE ENERGÍA CONECTADO A LA CAJA DE CONEXIONES

Un paquete de energía proporciona energía para sensores de ocupación y de luz natural y otros dispositivos y proporciona un relé para la conmutación remota de circuitos de iluminación. La fuente de alimentación puede conectarse al exterior de una caja de conexiones si lo permiten los códigos locales. Esta fotografía lo muestra montado dentro de una caja. » Imagen ©Sensor Switch, Inc

16.3.3.2 CONTROLADORES DE ESCENA

Los controladores de escena son unidades de estación de pared que permiten recuperar diferentes combinaciones de ajustes de interruptor de zona de iluminación y atenuador con sólo presionar un botón (Figura 16.11). En algunos casos, estos dispositivos contienen módulos de atenuación dentro de la caja de conexiones, mientras que en otros, indican al equipo remoto que realice la función de control. Las unidades maestras generalmente cuentan con controles que permiten al usuario configurar las condiciones de operación de la zona para cada una de las escenas. Se emplean estaciones remotas para seleccionar escenas de ubicaciones distintas a la unidad maestra y comunicar una selección de usuarios al controlador maestro. Algunos sistemas incluyen la opción de un control remoto inalámbrico de mano, que puede operarse desde un podio o mesa de conferencias. Los controladores de escena también se pueden vincular a equipos audiovisuales (A/V) para bajar las pantallas de proyección y activar el equipo de proyección, así como para operar sistemas de sombreado para oscurecer una habitación.

16.3.4 SENSORES DE OCUPACIÓN/VACANCIA

Los sensores de ocupación/vacancia cambian o atenúan la iluminación en un espacio basándose en la detección del movimiento de los ocupantes, cumpliendo con el requisito de control de “apagado automático” requerido por muchos de los códigos de energía actuales. Los sensores de ocupación activan la iluminación cuando se detecta movimiento, lo que resulta útil en espacios de circulación como pasillos o en espacios sin ventanas como áreas de baños interiores.

16.3.4.1 TECNOLOGÍAS DE SENSORES DE OCUPACIÓN

Las tecnologías utilizadas para detectar la ocupación incluyen las siguientes:

- Infrarrojos, que detecta cambios en la ubicación de objetos que irradian calor (personas).

- Ultrasónico, que envía energía sonora inaudible de alta frecuencia para detectar movimiento dentro de un espacio utilizando El principio Doppler, donde la frecuencia de las ondas sonoras se altera cuando se reflejan en objetos en movimiento.

- Microondas, que utiliza un enfoque similar a los dispositivos ultrasónicos.

• Acústico, que detecta sonidos creados por ocupantes del espacio. Las notas de aplicación para cada uno de estos se proporcionan en la Tabla 16.2. Los sensores infrarrojos a menudo se denominan sensores infrarrojos pasivos (PIR) porque sólo detectan la radiación que está presente en un espacio (no se envía energía al espacio). Estos dispositivos suelen incorporar una lente de Fresnel que dirige la radiación recibida desde una serie de zonas cónicas a receptores individuales dentro del dispositivo. Se detecta un cambio en el nivel de radiación----

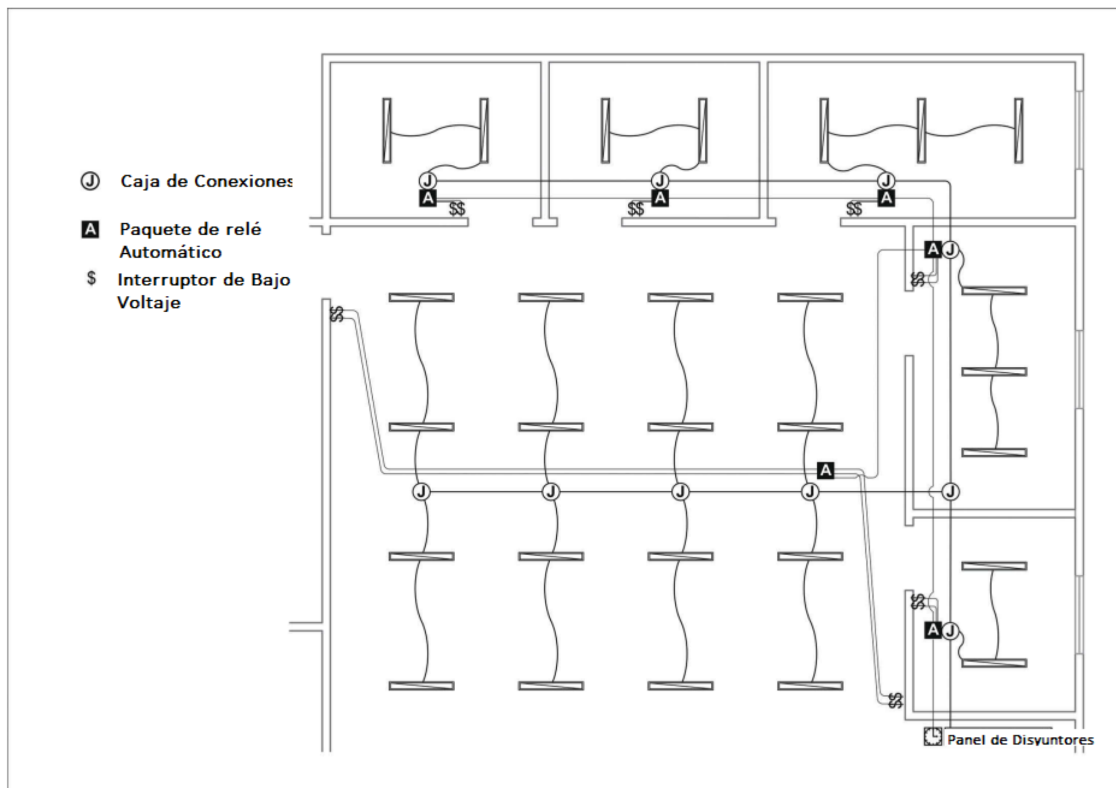


FIGURA 16.7 | CIRCUITO CON RELÉS DISTRIBUIDOS

Los relés se pueden ubicar dentro de cada habitación mediante interruptores de bajo voltaje y se pueden alimentar desde un panel de interruptores estándar. Se tiende una línea de comunicación digital o de par trenzado a cada uno de los dispositivos de relé.

CABLE DE PAR TRENZADO: *Se enrollan dos cables juntos para cancelar la interferencia electromagnética de fuentes externas, la radiación electromagnética de otros cables y la diafonía entre cables vecinos. Los tamaños de cables de par trenzado típicos utilizados en sistemas de control de iluminación son 18 AWG y 16 AWG.*



FIGURA 16.9 | ATENUADORES DE PARED

Estos dispositivos están disponibles en una variedad de diferentes estilos y configuraciones operativas. » Imágenes 1,2 y 5 desde la izquierda: ©Lutron Electronics » Imagen 3 ©Crestron » Imagen 4 ©Wattstopper

---dentro de una de estas zonas indica el movimiento de un ocupante. Los sensores PIR pueden detectar movimientos más pequeños a corta distancia, pero se requieren movimientos más grandes, como el movimiento de todo el cuerpo, para provocar una respuesta a distancias mayores. Los sensores infrarrojos, debido a su forma de funcionamiento, deben tener una visión directa del área a la que sirven. En algunos productos, el campo de visión se puede restringir aplicando un dispositivo de enmascaramiento permanente al interior de la lente del sensor. Los sensores ultrasónicos envían energía sonora de alta frecuencia inaudible y verifican el sonido que regresa en busca de ondas que hayan sido reflejadas por objetos en movimiento. Dado que la energía sonora emitida se irradia en todas direcciones, no es posible limitar la respuesta angular de estos sensores. Una ventaja importante de los sensores ultrasónicos es su capacidad para detectar movimiento alrededor de las particiones, particularmente cuando el material de la partición es duro y refleja ondas sonoras. Los sensores ultrasónicos también son buenos para detectar movimientos menores, como movimientos del brazo. La detección ultrasónica se combina frecuentemente con la tecnología PIR en sensores de ocupación híbridos o de tecnología dual para mejorar el rendimiento del sensor. En los sensores de doble tecnología, ambas tecnologías (PIR y ultrasónica) deben detectar el movimiento para que se encienda la iluminación y sólo se requiere una de las dos para mantener las luces encendidas. Los sensores ultrasónicos no deben ubicarse a menos de 6 pies de distancia del equipo HVAC, ya que el movimiento del aire puede provocar una respuesta positiva. Algunos sensores de doble tecnología utilizan energía de microondas en lugar de energía sonora. Otros combinan PIR con detección acústica pasiva que escucha los sonidos creados por los ocupantes, lo que evita la susceptibilidad a las influencias del flujo de aire. Los sensores acústicos generalmente filtran los sonidos de fondo que están presentes cuando el espacio no está ocupado. La mayoría de los sensores de ocupación ofrecen un modo de prueba en el que el tiempo de retardo se puede reducir temporalmente a un período de menos de 10 a 30 segundos para verificar que el apagado del sistema se produce cuando se desocupa un espacio y para probar el nivel de movimiento requerido para activar el sensor. La mayoría de los sensores de ocupación también ofrecen un ajuste de sensibilidad que determina la distancia sobre la cual operará el sensor, lo que altera el grado de movimiento requerido para activar el dispositivo. La mayoría de los dispositivos cuentan con configuraciones de fábrica que permiten que los sistemas funcionen desde el primer momento, pero es posible que estas configuraciones no proporcionen un nivel óptimo de rendimiento.



FIGURA 16.10 | PANEL DE ATENUACIÓN

Un panel de atenuación alberga el equipo para atenuar múltiples circuitos de iluminación de lámparas de filamento. Los componentes incluyen disyuntores de entrada ①; módulos de regulación ②; ③ interruptores de salida; Electrónica de control ④; ⑤ terminales de entrada de control; » Imagen ©Douglas Lighting Controls, Inc.

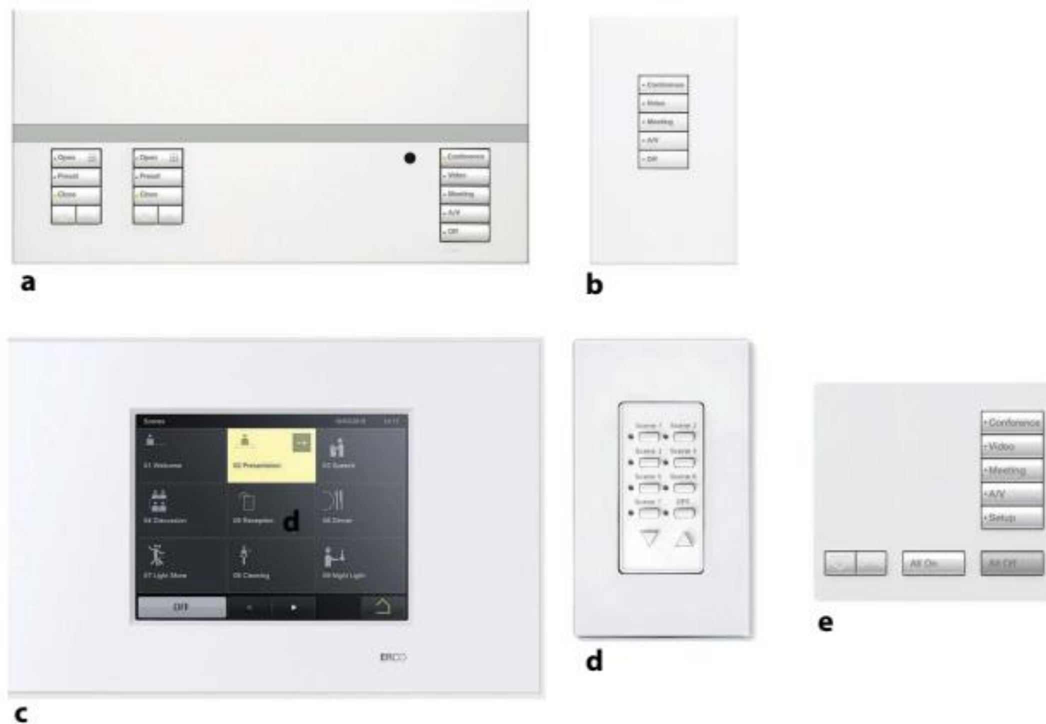


FIGURA 16.11 | CONTROLADORES DE ESCENA

Las escenas de iluminación preestablecidas se recuperan con sólo tocar un botón, **a** es un controlador maestro con una estación de pared remota, **b**. Estos dispositivos ahora pueden ser cableados, digitales o inalámbricos, **c** ilustra una pantalla táctil de cristal líquido, **d** es un controlador de escena DALI; **e** es un control portátil que incluye el funcionamiento de dispositivos de protección de ventanas.

» Imágenes **a**, **b** y **e** cortesía de Lutron Electronics Co., Inc. » Imagen **c** ©ERCO, Inc. » Imágenes **d** ©Leviton, Inc.

16.3.4.2 PRODUCTOS Y SU APLICACIÓN

Además de aplicar una variedad de tecnologías de detección diferentes, los sensores de ocupación se pueden instalar en varias ubicaciones diferentes, según la aplicación. Los previstos para uso en pequeñas oficinas privadas suelen estar integrados en simples interruptores de pared. Están disponibles para controlar uno o dos circuitos; este último está diseñado para adaptarse a la conmutación multinivel requerida por algunos códigos de energía (consulte la Figura 16.12). La mayoría de los modelos tienen una señal audible o visible para advertir a los usuarios que no se ha detectado ningún movimiento y que la iluminación está a punto de apagarse. Las unidades destinadas a su aplicación en grandes espacios abiertos están diseñadas para montarse en el cielorraso o en lo alto de una pared, en o debajo de luminarias suspendidas para ver el espacio. En las figuras 16.13 y 16.14 se muestran ejemplos. Los sensores de ocupación también están disponibles para su uso dentro de las estaciones de trabajo para detectar la presencia o ausencia de un trabajador y controlar las cargas de cables y enchufes en consecuencia. Cargas como iluminación de trabajo y monitores de computadora se apagan cuando se desocupa el área. Ver Figura 16.15. Algunos sensores de ocupación proporcionan un cierre de contacto seco separado (cerrando un circuito que no tiene voltaje) que puede indicar al sistema HVAC que un espacio está desocupado, de modo que el acondicionamiento del espacio se puede reducir o eliminar para obtener ahorros de energía adicionales. Al seleccionar un sensor de ocupación, es importante tener en cuenta que la mayoría de los dispositivos tienen un límite de carga inferior al que se permitiría en un interruptor de pared estándar. La carga permitida también puede ser diferente para los sistemas de iluminación fluorescente y de filamento. Dependiendo del espacio y su patrón de uso, los sensores de ocupación tienen el potencial de afectar la vida útil de las lámparas fluorescentes. Puede aumentar la vida útil de la lámpara cuando las horas de funcionamiento se reducen significativamente sin cambios frecuentes. Si las lámparas fluorescentes se cambian con frecuencia, la vida útil de la

lámpara en servicio puede verse disminuida, especialmente si se utilizan balastos de arranque instantáneo. Dado el cambio más frecuente que ocurre con los sensores de ocupación, se recomiendan balastos de arranque programados. Los sistemas HID no deben colocarse en sensores de ocupación de encendido/apagado estándar debido a los tiempos de reinicio y calentamiento de la lámpara. En aplicaciones como almacenes, los sistemas HID con balastos de dos niveles se pueden vincular a sensores de ocupación a través de un módulo de control que indica al balasto que cambie a una condición de salida baja cuando el espacio está desocupado. Los balastos de dos niveles funcionan cambiando entre dos condensadores, uno que proporciona potencia total y un segundo que proporciona aproximadamente el 50 % de la potencia total a las lámparas, lo que resulta en un 30-40 % de salida de lúmenes total.



FIGURA 16.12 | INTERRUPTORES DE PARED CON SENSORES DE OCUPACIÓN

Un interruptor de pared con sensor de ocupación de circuito único (izquierda y centro) y un modelo de circuito dual (derecha). » Imágenes (de izquierda a derecha), ©Wattstopper, ©Leviton y ©Hubbell.



FIGURA 16.13 | EL SENSOR DE OCUPACIÓN MONTADO EN LA PARED

a es un sensor digital de doble tecnología, **b** es un sensor de infrarrojos inalámbrico, **c** es un sensor de doble tecnología. Las ranuras son para la función ultrasónica, mientras que la lente es para operación de infrarrojos pasivos.
» imagen **a** ©WattstopperLegrand,lnc. » Imagen **b** cortesía de Lutron Electronics Co., Inc. » Imagen **c** ©Hubbell

Cuadro 16.2 | Tecnologías de Sensores de Ocupación y Directrices para su Uso

Tipo de Sensor de Ocupación	Notas de Aplicación
Infrarojo Pasivo (PIR)	• Úselo en espacios cerrados con una línea de sitio sin obstáculos hacia los ocupantes • Ubíquelo para eliminar las vistas desde una puerta abierta • Ubíquelo al menos a 2 m (6 pies) de las salidas de HVAC • Consulte al fabricante para conocer el patrón de cobertura • No para espacios con poco movimiento de los ocupantes • El patrón de cobertura puede ajustarse en el campo enmascarando la lente
Ultrasónico	• Bueno para espacios con particiones • No apto para uso en espacios con fuertes corrientes de aire o maquinaria en movimiento • Bueno para espacios ilimitados
Tecnología Dual (Infrarojo y Ultrasónico)	• La mejor opción para espacios con bajos niveles de actividad • No debe usarse en espacios con fuertes corrientes de aire o maquinaria en movimiento • Bueno para espacios ilimitados
Infrarojo y Acústico	• El sensor acústico pasivo sirve como segundo sensor para detectar condiciones de espacio libre



FIGURA 16.14 | SENSORES DE OCUPACIÓN DE CIELORRASO

a es un sensor inalámbrico de doble tecnología (infrarrojos-ultrasónicos). **b** es un sensor infrarrojo inalámbrico, c es un sensor de doble tecnología de bajo voltaje (infrarrojo-ultrasónico); **d** es un sensor de tecnología dual de bajo voltaje (infrarrojos-acústico) » Imagen a ©Wattstopper, Inc. » Imagen b ©Lutron Electronics, Inc. » Imagen c ©Crestron, Inc. » Imagen d ©Sensor Switch, Inc.



FIGURA 16.15 | CONTROLADOR DE CARGA ENCHUFABLE

Un sensor de ocupación y un controlador de carga enchufable pueden apagar la iluminación de trabajo y otros dispositivos de escritorio innecesarios cuando una estación de trabajo está vacía. La computadora y otras cargas esenciales no están controladas por el sensor y están conectadas a enchufes no conmutados en la regleta. » Imagen ©Wattstopper Legrand, Inc.

16.3.4.3 ALIMENTACIÓN DE LOS SENSORES DE OCUPACIÓN

Los sensores de ocupación funcionan con energía de bajo voltaje o voltaje de línea y algunos modelos más nuevos funcionan con baterías de larga duración (capaces de 8 a 10 años de funcionamiento). Los modelos autoalimentados son adecuados para aplicaciones de modernización en edificios existentes, ya que no requieren cableado adicional y se comunican de forma inalámbrica con un interruptor de pared compatible que contiene un relé de conmutación. Los sistemas de bajo voltaje generalmente reciben energía desde un panel de relés o desde un paquete de energía que puede contener el dispositivo de conmutación del relé. La comunicación y la alimentación se proporcionan a través de cableado de bajo voltaje para sistemas analógicos o mediante cables Cat5 para sistemas digitales. Consulte la Figura 16.16.

16.3.4.4 PATRONES DE COBERTURA

Los fabricantes generalmente proporcionan patrones de cobertura que se pueden usar para seleccionar y diseñar sensores de ocupación dentro de un espacio. Desafortunadamente, no existe ningún método de prueba estándar para comparar directamente la cobertura y el rendimiento de sensores de diferentes fabricantes, aunque NEMA ha publicado un método de prueba voluntario para informar el área de cobertura [20]. En la Figura 16.17 se proporcionan ejemplos de diferentes patrones de cobertura de sensores. La mayoría de los fabricantes ayudarán a los clientes recomendándoles diseños de espacios. En espacios grandes, puede ser necesario vincular varios sensores para cubrir un área.

16.3.4.5 AHORRO DE ENERGÍA

Los sensores de ocupación potencial se aplican mejor en espacios donde la iluminación puede permanecer encendida cuando los ocupantes abandonan el espacio, como espacios compartidos que están ocupados por períodos cortos de tiempo. Los ejemplos incluyen salas de conferencias, baños, áreas de almacenamiento, comedores y aulas universitarias. Los sensores de ocupación también pueden generar ahorros en áreas de oficinas privadas y abiertas. Las investigaciones han demostrado que un sensor de ocupación puede proporcionar un ahorro de energía promedio del orden del 25% en oficinas privadas, el 40% en espacios compartidos que reciben uso intermitente (pasillos, baños, escaleras, etc.) y

aproximadamente el 30% en espacios compartidos con uso programado, como aulas [21] [22] [23]. Los ahorros en un edificio o espacio en particular dependen en última instancia de las acciones de los ocupantes al desalojar un espacio, con ahorros que varían hasta 20 puntos porcentuales de los valores enumerados anteriormente. Por ejemplo, un aula universitaria puede proporcionar ahorros significativamente mayores que un aula de escuela primaria asignada a un solo maestro. En un aula universitaria, cuando el profesor y la clase abandonan una sala, pueden esperar que pronto otra clase ocupe el espacio y deje las luces encendidas, lo que luego desperdicia energía si el espacio permanece vacío. Si un maestro de escuela primaria y el personal de limpieza apagan regularmente las luces al abandonar una habitación, un sensor de ocupación puede proporcionar poco o ningún ahorro adicional.

16.3.4.6 AJUSTES DEL SENSOR DE OCUPACIÓN

La mayoría de los sensores de ocupación se configuran en fábrica para proporcionar un nivel básico de rendimiento, pero estos ajustes se regulan cuando el sistema se pone en servicio para lograr el rendimiento deseado dentro de un espacio. Las opciones de configuración generalmente incluyen lo siguiente:

Sensibilidad

La sensibilidad de un sensor determina el nivel de movimiento necesario para desencadenar una respuesta positiva. Los falsos positivos pueden ser inducidos por el movimiento del aire o por el movimiento fuera del espacio, como a través de una puerta abierta a un pasillo, lo que puede ocurrir si un sensor PIR tiene una vista de la puerta o si la sensibilidad y la ubicación de un sensor ultrasónico le permite detectar movimiento en el pasillo. Una reducción en la sensibilidad de los sensores puede reducir la incidencia de activaciones falsas, pero también puede aumentar la cantidad de cierres molestos debido a su capacidad reducida para detectar movimiento en ciertas partes de un espacio.

Retardo de tiempo

Los sensores de ocupación con retardo de tiempo apagan las luces en un espacio si no se detecta movimiento durante un período de tiempo prescrito. Este retardo de tiempo generalmente se puede ajustar desde 30 segundos hasta 30 minutos. La mayoría de los sistemas están configurados para funcionar desde tan sólo 5 a 10 minutos hasta 30 minutos antes del apagado. Configuraciones más cortas ahorrarán energía [21] pero pueden resultar en más intentos de apagar el sistema mientras el espacio aún está ocupado. Configuraciones más cortas que aproximadamente 10 minutos pueden resultar en una cantidad significativa de solicitudes de apagado prematuro. Algunos sensores de ocupación se autocalibran y ajustan la configuración de retardo de tiempo según el perfil de ocupación que experimentan a lo largo del tiempo.

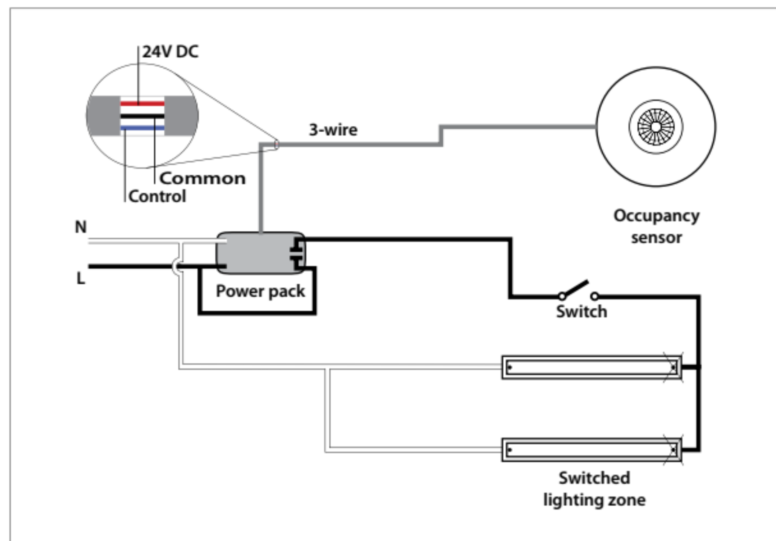


FIGURA 16.16 | DISPOSICIÓN DEL CABLEADO PARA UN SENSOR DE OCUPACIÓN DE BAJO VOLTAJE

El dispositivo controla una sola zona y está conectado a una fuente de alimentación que también sirve como dispositivo de relé. El interruptor de ambiente se encuentra aguas abajo del relé de la fuente de alimentación.

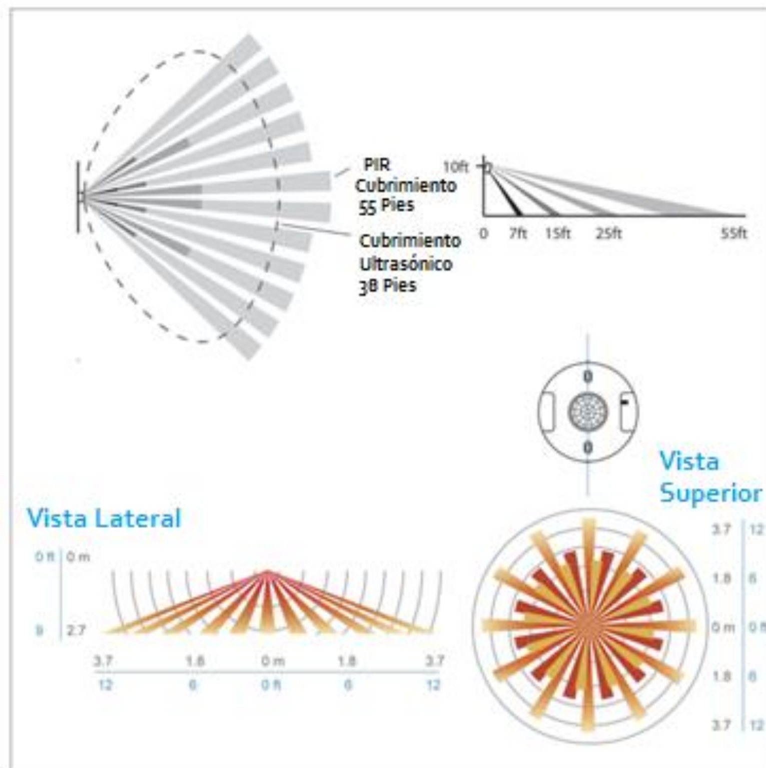


FIGURA 16.17 | PATRONES DE COBERTURA DEL SENSOR DE OCUPACIÓN

Se muestran patrones para sensores de ocupación de tecnología dual de pared (superior) y cielorraso (inferior) (cortesía de Watt Stopper, Inc. y Sensor Switch, Inc.). La cobertura que se muestra en estos diagramas representa la distancia máxima a la que caminar medio paso los movimientos activarán el dispositivo. » Imágenes superiores ©Wattstopper Legrand, Inc. » Imágenes inferiores ©Sensor Switch

16.3.5 FOTOSENSORES

Los fotosensores se pueden utilizar para cambiar o atenuar la iluminación eléctrica en respuesta a los niveles de luz natural dentro de un espacio o para controlar dispositivos de sombreado motorizados en aberturas de luz natural mediante el monitoreo de la luminancia de las ventanas, los niveles de luz natural interior o la penetración de la luz solar. El control por fotosensor de la iluminación eléctrica ayuda a minimizar el uso de energía al aplicar iluminación eléctrica sólo cuando es necesario dentro de áreas que reciben suficiente cantidad de luz natural. En espacios profundos que incorporan iluminación lateral, la zona de iluminación controlada normalmente consta de una o dos de las primeras filas de luminarias. Los sistemas de control de fotosensores son sistemas de ingeniería. Sus componentes deben seleccionarse para funcionar en determinadas condiciones de espacio y de iluminación natural y deben ser compatibles con el equipo de iluminación eléctrica que controlan. Para aplicaciones interiores, el equipo de iluminación controlada debe dividirse en zonas para corresponder al área de luz natural y los fotosensores deben ubicarse y calibrarse para rastrear los niveles de luz natural interior con una precisión razonable en una variedad de condiciones de luz natural [24] [25]. El modelado por computadora puede ayudar con este proceso. Consulte 16.3.5.9 Diseño y disposición del sistema de fotosensores). Los fotosensores se aplican habitualmente en entornos exteriores para encender luminarias al anochecer y apagarlas al amanecer. Si bien la mayoría de los sistemas de fotosensores encienden la iluminación cuando los niveles de luz natural son bajos, en túneles y entradas a estacionamientos se pueden aplicar fotosensores para encender las luminarias cuando los niveles de luz natural son altos para proporcionar una zona de adaptación entre las áreas exteriores con mucha luz natural y las áreas interiores más oscuras. Encender y apagar la iluminación en respuesta a un fotosensor es relativamente económico ya que se puede realizar con un fotosensor y un relé simple. La atenuación por fotosensor de los sistemas de iluminación fluorescente requiere balastos de atenuación en cada luminaria, lo que genera mayores costos del sistema. Los beneficios de un sistema de atenuación son que los ajustes de la iluminación eléctrica pueden ser transparentes para los ocupantes y se pueden lograr ahorros incluso con niveles bajos de luz natural.

16.3.5.1 OPERACIÓN GENERAL

La mayoría de los fotosensores están configurados para detectar la luz que llega al sensor desde diferentes direcciones, con la sensibilidad direccional dictada por las características ópticas del fotosensor. La figura 16.18 ilustra el desempeño de varios productos diferentes. No existe una distribución óptima reconocida. Las distribuciones amplias son menos susceptibles a cambios localizados en la reflectancia ya que integran la luz natural y la luz eléctrica en una amplia gama de ángulos. Es más probable que se vean influenciados por manchas de luz solar o ventanas brillantes dentro de su campo de visión. Los sensores con distribuciones estrechas son más susceptibles a cambios localizados en la reflectancia, como la superficie de un escritorio cubierta con papel blanco, pero pueden restringir la visión del fotosensor para evitar recibir señales fuertes desde una ventana brillante o una parte de la habitación que recibe luz solar directa. El rendimiento del fotosensor se basa en última instancia en qué tan bien la señal recibida por el fotosensor rastrea la luz del día o la luz total dentro de un espacio.

Los microprocesadores en el sistema del fotosensor contienen algoritmos de control integrados que interpretan la señal recibida por la fotocélula y luego envían señales a un relé, panel o balasto para cambiar o atenuar la zona de iluminación controlada en consecuencia. En algunos sistemas, el fotosensor contiene este microprocesador, mientras que en otros, la señal del fotosensor se comunica a un dispositivo separado que procesa la señal del fotosensor a través del algoritmo de control. Los sistemas de fotosensores generalmente se clasifican de cuatro maneras:

1. Por el tipo de control que proporcionan, ya sea conmutando o atenuando.

2. Por su ubicación prevista, para uso en ambientes interiores o exteriores.

3. Por el algoritmo de control que apliquen.

4. Por el protocolo de comunicación que utilicen.

16.3.5.2 CONMUTACIÓN VERSUS ATENUACIÓN

La conmutación basada en fotosensores es un medio menos costoso de control automático que implica el uso de un relé para conmutar luminarias dentro de una zona con iluminación natural. Este enfoque es común en exteriores, pero también se aplica en interiores, donde los niveles de luz natural permiten apagar la iluminación durante largos períodos de tiempo. El control de conmutación se aplica mejor en espacios públicos, como áreas de circulación, donde es menos probable que los ocupantes se vean molestados o distraídos por una caída repentina de la iluminación. También se aplica como método de bajo costo para controlar la fila perimetral de equipos de iluminación en algunas aulas y oficinas. La Figura 16.19 proporciona un esquema de cableado para una habitación que contiene dos zonas de iluminación; ambos están controlados por un sensor de ocupación y uno de ellos también está activado por un fotosensor. La atenuación de la iluminación eléctrica basada en fotosensores es necesaria en espacios con iluminación natural donde se desea una detección mínima de cambios en las condiciones de la iluminación eléctrica. Para proporcionar suficientes ahorros de energía para justificar el gasto adicional de estos sistemas, debe ocurrir una atenuación significativa durante períodos de tiempo relativamente largos. Se pueden lograr ahorros de energía adicionales proporcionando a los ocupantes control personal, ya que algunos ocupantes prefieren niveles de salida por debajo del nivel máximo incluso cuando no hay luz natural. Algunos sistemas de fotosensores se pueden configurar para aplicar conmutación de nivel escalonado, donde los cambios en la salida de luz no son tan severos, pero aún son detectables. Consulte la Figura 16.20 para ver un ejemplo.

16.3.5.3 APLICACIONES EXTERIORES

En la mayoría de las aplicaciones exteriores, el control del fotosensor es relativamente simple. El fotosensor indica a uno o más relés, que pueden estar ubicados dentro de un panel de control de iluminación, que enciendan circuitos de iluminación o los apaguen según una lectura de luz diurna. El sensor puede montarse en el edificio o en una luminaria. En algunos casos, las luces que se encienden con un fotosensor se pueden apagar con un reloj para cumplir con un toque de queda o evitar que funcionen innecesariamente durante la noche. Los fotosensores diseñados para controlar la iluminación exterior no deben usarse para controlar la iluminación interior debido a su sensibilidad limitada.

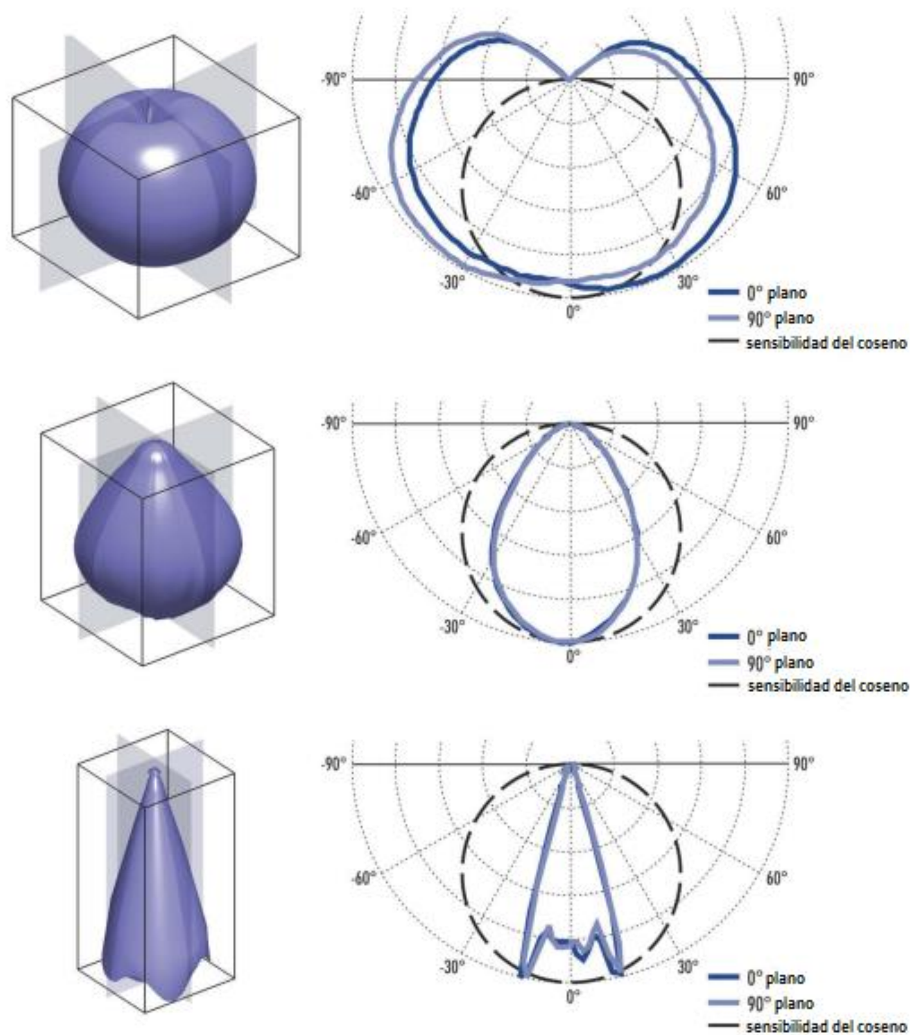


FIGURA 16.18 | SENSIBILIDAD ESPACIAL DEL FOTOSENSOR

La sensibilidad espacial de tres fotosensores diferentes disponibles comercialmente que van desde muy ancho (arriba) hasta muy estrecho (abajo) [15]. » Imágenes ©Instituto Politécnico Rensselaer

16.3.5.4 APLICACIONES INTERIORES

En el interior de edificios, los fotosensores generalmente están diseñados para cambiar o atenuar el sistema de iluminación eléctrica utilizando un algoritmo de control de circuito cerrado o abierto como se describe a continuación o alguna variación de estos. En situaciones de iluminación lateral, los fotosensores suelen estar ubicados en el cielorraso a poca distancia de la ventana, normalmente entre 2,5 y 4 m (8 y 12 pies). Para los sistemas de tragaluz, el fotosensor puede ubicarse en el cielorraso para evaluar la cantidad de luz dentro del espacio o dentro de un tragaluz para monitorear la cantidad de luz natural que pasa a través del tragaluz. Las luminarias controladas por un fotosensor deben proporcionar una distribución de la iluminancia en el plano de trabajo que se correlacione bien con el área iluminada por la luz del día. Con la mayoría de los sistemas de atenuación, todas las luminarias dentro de una zona de iluminación controlada se atenúan al mismo nivel, aunque algunos sistemas pueden atenuar hasta tres zonas de luminarias a diferentes niveles,

según la proximidad de la zona a la apertura de luz natural. Un enfoque más avanzado aplica sensores individuales a diferentes filas de luminarias, lo que permite que las luminarias más cercanas a una ventana funcionen con una potencia menor que las que se encuentran en lo más profundo de un espacio. La ubicación del fotosensor y la sensibilidad espacial deben seleccionarse cuidadosamente para evitar lecturas del fotosensor que estén influenciadas por acciones de control en zonas adyacentes. Cuando se encuentra dentro de un espacio, la señal de la luz eléctrica debe ser insignificante en comparación con la señal de la luz del día para que el sistema funcione en modo de circuito abierto, tal vez no más se requiera del 5 al 10 % de la señal de luz diurna para atenuar completamente la iluminación eléctrica. Una aplicación común del control de circuito abierto es el tragaluz, donde el fotosensor se monta dentro del tragaluz, preferiblemente en el lado sur del tragaluz, de espaldas al sol o hacia arriba, hacia el material de acristalamiento [26].

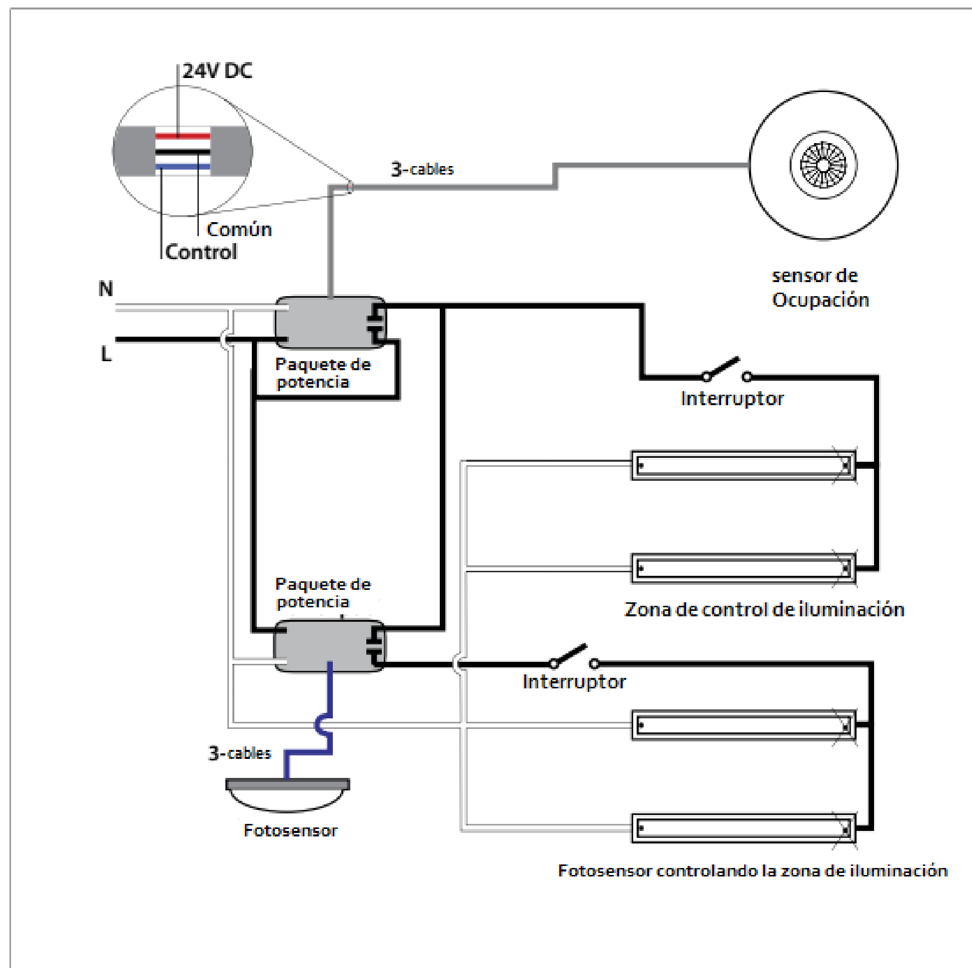


FIGURA 16.19 | CONMUTACIÓN DE FOTOSENSOR

Diagrama de cableado esquemático para una habitación de dos zonas con una de las dos zonas conmutada por un fotosensor. Ambas zonas también están controladas por un sensor de ocupación.



FIGURA 16.20. ATENUACIÓN ESCALONADA MEDIANTE UN FOTOSENSOR

Esta tienda de comestibles aplica atenuación escalonada (100-50-0%) para ajustar la iluminación eléctrica en respuesta a la luz del día disponible. Se aplican tanto lucernarios difusores como triforios. Los sistemas de control de conmutación normalmente alternan o rotan el orden en el que se conmutan dos o tres zonas para igualar los tiempos de funcionamiento de las lámparas a lo largo del año. » Imágenes ©PCC Mercados Naturales

ATENUACIÓN DE BUCLE ABIERTO

Un algoritmo de control de atenuación de bucle abierto estándar supone una señal nocturna de cero y ajusta la salida de luz eléctrica en proporción a la señal de luz diurna recibida. La pendiente de esta función se establece en la calibración del sistema. A menudo esto se denomina “ganancia” del sistema (consulte la Figura 16.21). La calibración de un sensor de bucle abierto consiste en establecer la relación entre la lectura del fotosensor y la luz diurna entregada a una ubicación crítica en el plano de tarea en una condición de luz diurna representativa (la que está presente en el momento de la calibración). La configuración de calibración determina la relación lineal entre la señal del fotosensor y el nivel de atenuación deseado que se aplica en todas las demás condiciones de luz diurna. La mayoría de los sistemas de circuito abierto controlan una sola zona del equipo de iluminación; sin embargo, hay productos disponibles que controlan hasta tres zonas en diferentes niveles de atenuación usando un solo fotosensor. Por lo tanto, la primera, segunda y tercera fila de luminarias a lo largo del perímetro de un espacio pueden funcionar a diferentes niveles de salida para tener en cuenta los niveles reducidos de luz natural en lo profundo de un espacio.

CONMUTACIÓN DE BUCLE ABIERTO

La conmutación de bucle abierto está diseñada para encender el sistema de iluminación eléctrica cuando las condiciones de luz diurna no alcanzan la iluminancia objetivo en una o más ubicaciones de tareas dentro de la zona de iluminación controlada y apagar cuando los niveles de luz diurna alcanzan el objetivo deseado. También se debe considerar cualquier aportación de la iluminación interior que no esté controlada por el sistema. Con el control de conmutación, las señales en las que ocurren las acciones de encendido y apagado deben ingresarse al algoritmo de control en la calibración del sistema. Generalmente se aplica una banda muerta entre estas dos señales para evitar fluctuaciones entre las dos condiciones de control (ver Figura 16.22). La mayoría de los sistemas de conmutación también aplican una configuración de retardo de tiempo ajustable, que es el período de tiempo durante el cual el sensor debe registrar continuamente una lectura de apagado antes de que pueda ocurrir esta acción.

16.3.5.6 CONTROL DE CIRCUITO CERRADO

En el control de circuito cerrado, el fotosensor está ubicado dentro de un espacio y su señal está influenciada tanto por la luz natural como por la luz eléctrica. La relación entre la señal del fotosensor y la iluminancia del plano de trabajo (S/E) en la ubicación de la tarea crítica, tanto para luz natural como para luz eléctrica, es un determinante clave del rendimiento del sistema. Para que el control de circuito cerrado funcione correctamente, la relación S/E para la luz natural debe ser mayor o igual que la de la luz eléctrica. Esta relación es función de lo siguiente:

- La distribución espacial del fotosensor
- La ubicación del fotosensor con respecto a las aberturas de luz natural y el sistema de iluminación eléctrica
- La respuesta espectral del fotosensor

La distribución espacial del fotosensor determina el rango de ángulos desde los cuales recibe luz y qué tan sensible es a la luz proveniente de cada dirección. Es más probable que una distribución amplia reciba luz directa de una ventana cuando está ubicada en el cielorraso, lo que producirá una mayor relación S/E de luz natural. Si un fotosensor recibe una cantidad significativa de luz directa de las luminarias, lo que puede ocurrir si se monta demasiado cerca de iluminación indirecta, la relación S/E de la luz eléctrica será alto. La función de respuesta espectral del fotosensor también puede afectar las relaciones S/E, particularmente cuando no está estrechamente alineada con la curva de sensibilidad fotópica, $V(\lambda)$ [27]. Hay dos tipos diferentes de control de atenuación de bucle cerrado: punto de ajuste constante, que también se conoce como control de reinicio integral y control proporcional lineal, que a veces se denomina control de punto de ajuste deslizante [24].

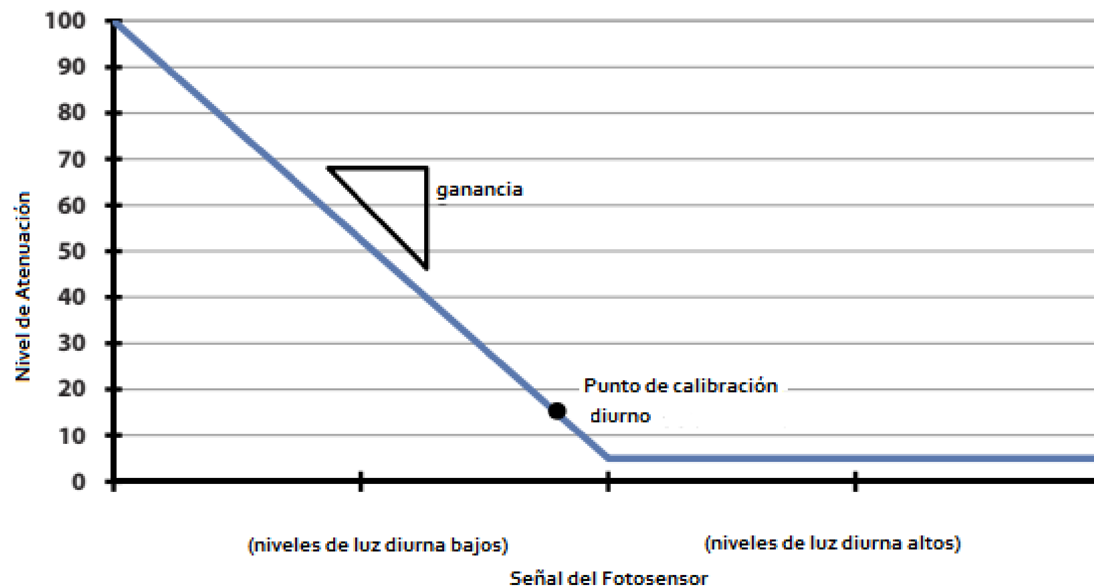


FIGURA 16.21 | ALGORITMO DE CONTROL DE ATENUACIÓN DE BUCLE ABIERTO.
Se utiliza una única condición diurna para determinar la ganancia del sistema, con una señal de luz diurna de cero correspondiente a la salida total de la zona de iluminación controlada.

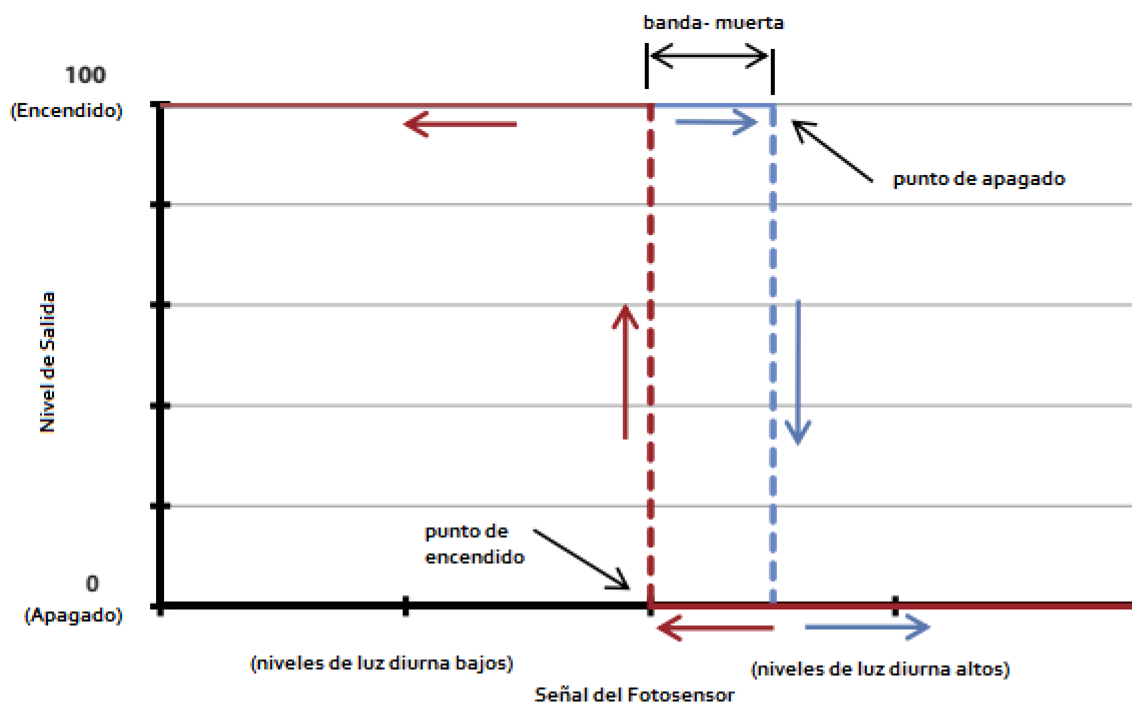


FIGURA 16.22 | ALGORITMO DE CONTROL DE CONMUTACIÓN DE BUCLE ABIERTO

El algoritmo apaga y enciende el sistema ante señales específicas que están separadas por una banda muerta. La señal de encendido está configurada para estar justo por debajo del nivel de iluminancia objetivo. Las flechas en este diagrama indican la operación de control a medida que los niveles de luz diurna suben y bajan se registran a través de la señal del fotosensor.

CONTROL DEL PUNTO DE AJUSTE CONSTANTE

El control del punto de ajuste constante es un enfoque de control relativamente simple en el que el sistema de control intenta mantener una señal constante del fotosensor ajustando la salida de luz eléctrica (Figura 16.23). Esto es lo que se requeriría en un algoritmo de control para un fotosensor ubicado en el plano de tarea. Cuando se ubica en el cielorraso, este enfoque es válido cuando la señal del fotosensor a la iluminancia del punto crítico del plano de trabajo (relación S/E) es la misma tanto para la luz eléctrica como para la luz natural, lo que permite un equilibrio igual entre la luz natural y la luz eléctrica en ambos niveles del fotosensor y el plano de trabajo. Esto requiere que el fotosensor reciba una entrada mínima de la ventana u otras superficies brillantes, como el piso adyacente a una ventana. Si las relaciones S/E son idénticas, este algoritmo permite que el sistema se autocalibra configurando el sistema usando la señal nocturna del sistema de iluminación eléctrica, lo que también permite la recalibración automática y periódica para tener en cuenta los cambios en las reflectancias de la superficie de la habitación o en el mobiliario a lo largo del tiempo.

Si la relación de iluminancia entre la señal del fotosensor y el plano de trabajo es mayor para la luz del día que para la luz eléctrica, lo cual es común en la mayoría de las aplicaciones de iluminación lateral, un sistema de control de reinicio integral atenuará demasiado la iluminación eléctrica cuando haya luz del día si se ha calibrado para la señal de luz eléctrica nocturna. Para proporcionar un control razonable en estas situaciones, se puede aumentar el punto de ajuste del sistema, lo que hará que la iluminación eléctrica se atenúe sólo después de recibir una contribución de luz natural predeterminada. Es probable que la presencia de diferentes relaciones S/E dé como resultado autocalibraciones incorrectas, a menos que el punto de ajuste pueda ajustarse hacia arriba desde la señal nocturna durante el proceso de calibración y en cualquier recalibración.

Debido a que la luz del día a menudo produce un valor S/E más alto que el recibido del sistema de iluminación eléctrica, después de la calibración, se debe verificar el rendimiento en una o más condiciones de luz del día que requieran atenuación parcial para verificar que se estén aplicando los niveles de atenuación adecuados. Esta verificación debe incluirse como parte del proceso de puesta en servicio.

CONTROL PROPORCIONAL

El control proporcional es un algoritmo de control más flexible que se adapta a las diferentes relaciones S/E para luz natural y eléctrica que probablemente ocurran con los sistemas de iluminación lateral. Con el control proporcional, la iluminación eléctrica se atenúa a medida que aumenta la señal del fotosensor, estableciéndose la relación exacta en la calibración del sistema. Un algoritmo de atenuación de control proporcional generalmente requiere dos condiciones de entrada a partir de las cuales construir una relación lineal entre la señal del fotosensor y el nivel de atenuación preferido (Figura 16.24). El primero de estos puntos es la señal que se recibe del sistema de iluminación eléctrica durante la noche. Algunos sistemas registran automáticamente la señal de luz eléctrica durante el proceso de calibración tomando una lectura con las luces eléctricas encendidas y apagadas. La segunda condición para determinar la pendiente de la curva de atenuación considera una condición de luz diurna representativa. En esta condición, el nivel de atenuación de las zonas de iluminación controladas se configura para proporcionar la iluminancia objetivo diurna deseada en el punto de tarea crítica (consulte el punto de calibración diurna en la Figura 16.24). Esta condición de luz diurna debe dar como resultado una condición de atenuación superior al mínimo, pero preferiblemente cercana a él. Si hay demasiada luz natural, puede ser necesario ajustar los dispositivos de sombreado para reducir el nivel de luz natural a un ajuste que requiera un nivel de atenuación superior al mínimo. Con el control proporcional, también es posible ajustar la condición nocturna a una iluminancia objetivo que proporcione mantenimiento de lúmenes, lo que ahorrará energía adicional cuando un sistema sea nuevo y limpio (consulte 16.2.8 Mantenimiento de lúmenes).

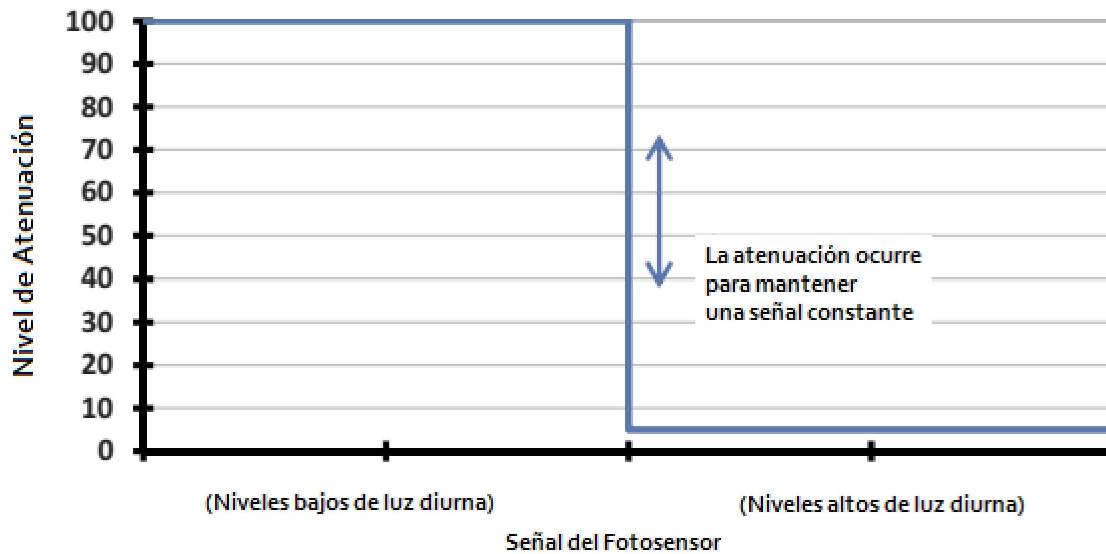


FIGURA 16.23 | ALGORITMO DE CONTROL DE PUNTO DE AJUSTE CONSTANTE DE CIRCUITO CERRADO

Este algoritmo varía la salida de la zona de iluminación controlada para mantener una señal del fotosensor constante. Una vez que la luz natural excede el nivel proporcionado por el sistema de iluminación eléctrica, el sistema de iluminación eléctrica se encuentra en su nivel mínimo de atenuación.

Al seleccionar una condición de luz natural para usar en la calibración, es mejor seleccionar una que proporcione una fuerte contribución de luz natural al fotosensor y requiera una atenuación significativa de la zona de iluminación eléctrica controlada. Se puede lograr una señal fuerte cuando el suelo visto por el fotosensor a través de la ventana recibe luz solar directa, o cuando las persianas horizontales están en ángulo para maximizar la señal del fotosensor en relación con la iluminancia del plano de trabajo. La calibración con una relación S/E alta hará que el sistema entregue más luz de la necesaria en condiciones de luz diurna cuando hay relaciones S/E más bajas. Se debe evitar calibrar un sistema de control de circuito cerrado en condiciones de luz diurna con una relación S/E baja, como bajo un cielo nublado, ya que esto dará como resultado una atenuación excesiva del sistema de iluminación eléctrica en condiciones de luz diurna con relaciones S/E más altas y podría generar quejas de los ocupantes. Generalmente, un fotosensor no debe calibrarse cuando la luz solar directa ingresa a un espacio, a menos que se espere que el sistema funcione en estas condiciones. La calibración de los fotosensores de circuito abierto y de circuito cerrado debe realizarse después de que se haya amueblado el espacio para tener en cuenta el efecto de los muebles y dispositivos de sombreado tanto en la señal del fotosensor como en la iluminancia del plano de trabajo.

CONTROL DE CONMUTACIÓN

La conmutación de circuito cerrado es muy similar a la conmutación de circuito abierto, excepto que se produce una caída en la señal del fotosensor cuando se apaga la luz eléctrica (consulte la Figura 16.25). La diferencia entre la señal a la que se enciende la luz eléctrica y la señal a la que se apaga la luz eléctrica, la banda muerta, debe tener en cuenta tanto la señal de luz eléctrica de la zona de iluminación controlada como una cantidad adicional para evitar la oscilación (bucle) del estado de encendido/apagado del sistema de iluminación. Generalmente también se proporciona una configuración de retardo de tiempo.

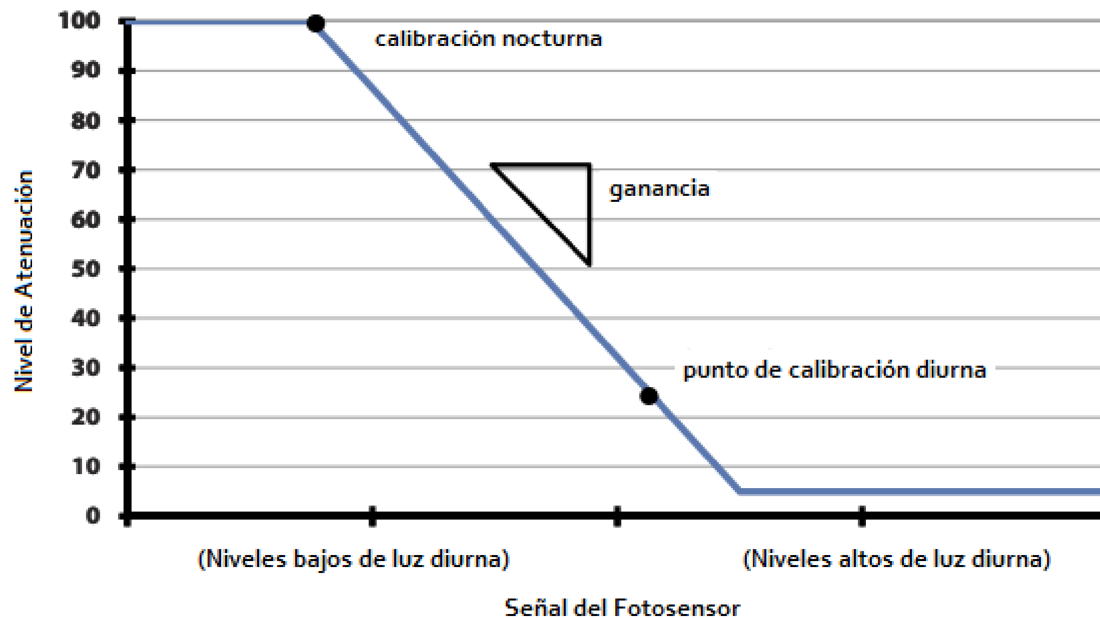


FIGURA 16.24 | ALGORITMO DE CONTROL PROPORCIONAL DE CIRCUITO CERRADO

Se utiliza un ajuste nocturno y un punto de calibración diurno para crear una relación entre la señal del fotosensor y el nivel de atenuación de la zona de iluminación controlada. Se prefiere una condición de luz diurna que produzca una señal del fotosensor relativamente alta y requiera una salida de luz cercana al nivel mínimo de atenuación.

16.3.5.7 CONTROL DE BUCLE DUAL

Se han desarrollado algoritmos de control de fotosensores que emplean un fotosensor de bucle cerrado (orientado hacia abajo) y de bucle abierto (orientado hacia arriba) para tragaluces [28]. Este enfoque de sensor dual recalibra el sensor de circuito cerrado cada noche bajo iluminación eléctrica completa para tener en cuenta los cambios en los objetos y las reflectancias de la superficie debajo de los sensores. Durante el día, evalúa las lecturas de ambos sensores y luego responde en consecuencia.

16.3.5.8 UBICACIÓN DEL FOTOSENSOR

Los sensores de circuito abierto generalmente se colocan al aire libre o en la apertura de la luz del día, como en una ventana (mirando hacia afuera) o dentro de un tragaluz. La ubicación debe proporcionar una señal de fotosensor que esté correlacionada con la cantidad de luz natural que ingresa a un espacio. Con el control de bucle abierto, la contribución de la señal de la luz eléctrica debe eliminarse o ser muy baja en relación con la señal de luz natural que recibe. En situaciones de iluminación lateral, el control de circuito cerrado normalmente se aplica con fotosensores ubicados en el cielorraso. En oficinas privadas, las investigaciones han demostrado que un sensor orientado hacia la pared opuesta a la ventana también puede proporcionar un control eficaz [29]. Los sensores de circuito cerrado generalmente se ubican a poca distancia de la habitación (2,5 a 4 m o 8 a 12 pies), con una posición de montaje que minimiza la luz directa tanto del sistema de iluminación eléctrica como de las aberturas de luz natural, manteniendo al mismo tiempo una señal por la luz natural relativamente intensa. Cuando se aplica el montaje en cielorraso con luminarias colgantes y luces ascendentes, es mejor colocar el fotosensor a medio camino entre las filas con una sensibilidad direccional que limite la señal que recibe de las luminarias. Los fotosensores también se pueden integrar en luminarias colgantes orientadas hacia abajo con reinicio integral o control de punto de ajuste deslizante. Una desventaja de este enfoque es que coloca el fotosensor más cerca

del plano de trabajo, lo que limita el área que se está viendo, haciendo que el sistema sea más susceptible a cambios localizados en la reflectancia.

16.3.5.9 DISEÑO Y DISPOSICIÓN DEL SISTEMA DE FOTOSENSOR

Al diseñar un sistema de control de fotosensor, el diseñador debe decidir el tipo de control que es apropiado para un espacio, considerando tanto el método de suministro de luz natural como el sistema de iluminación eléctrica que se controla. Las decisiones clave implican la selección de atenuación versus conmutación y si un sistema de circuito abierto o cerrado es más apropiado para el sistema y el espacio de iluminación natural. La tabla 16.3 contiene una lista de características del sistema de control de fotosensores a considerar al seleccionar el equipamiento. Esta evaluación, más los costos anticipados del sistema, conducirá a una o más selecciones preliminares del sistema, para las cuales el diseñador luego debe investigar las opciones de equipo, el diseño del sistema y cuando sea posible, el rendimiento.

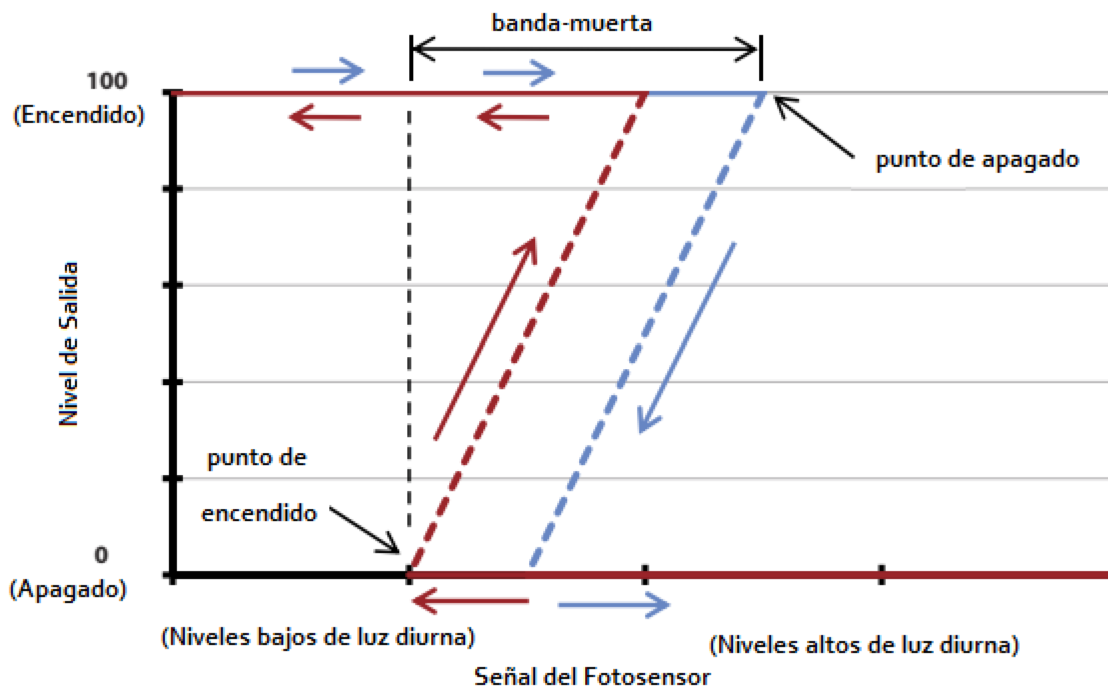


FIGURA 16.25 | ALGORITMO DE CONTROL DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITO CERRADO

La caída o aumento de la diferencia en la señal cuando el sistema de iluminación se enciende y se apaga representa la señal de la zona de iluminación controlada. La banda muerta debe ser mayor que esta señal para evitar el bucle de la condición operativa de la zona de control de iluminación. La línea azul es la ruta de la señal para aumentar los niveles de luz diurna, mientras que la línea roja es la ruta de la señal a medida que los niveles de luz diurna disminuyen.

Con el control del fotosensor, la zona de iluminación controlada debe proporcionar una distribución de iluminación en el plano de trabajo que se correlacione bien con el área de cobertura de luz natural. Si el sistema de iluminación eléctrica que se va a atenuar o encender se extiende más allá de la zona de luz natural, el ahorro de energía será limitado o una parte del espacio quedará insuficientemente iluminada. Se puede aplicar un software de análisis de iluminación para ayudar en el diseño de la zona de iluminación controlada como se muestra en la Figura 16.26.

16.3.5.10 LA UBICACIÓN DE LA TAREA CRÍTICA

Al calibrar un sistema de control de fotosensor, el rendimiento del sistema se alinea con la iluminancia del plano de trabajo en uno o más puntos. El sistema debe calibrarse para una ubicación de tarea que requiera la mayor cantidad de luz de la zona de iluminación controlada. Si la iluminancia objetivo se cumple en este punto, entonces todos los demás puntos del plano de trabajo dentro del área con iluminación natural también deberían cumplir su iluminancia objetivo. Por lo general, este punto de tarea crítica se ubica cerca del límite interior de la zona de iluminación controlada, muy probablemente a un lado del espacio, cerca de una pared donde los niveles de luz natural son más bajos. La figura 16.27 ilustra cómo se puede determinar la ubicación de este punto para un gran espacio abierto que contiene una zona de iluminación atenuada y no atenuada. Al calibrar un sistema, este punto se puede ubicar siguiendo los siguientes pasos:

1. Apague la zona de iluminación controlada y determine la ubicación de la tarea dentro o adyacente a la zona de iluminación controlada que cae más por debajo del nivel objetivo cuando sólo hay luz diurna y sin fotosensor para considerar una iluminación controlada.

2. Active la zona controlada por fotosensor y calibre el sistema de control para proporcionar la iluminancia deseada en el punto seleccionado en el Paso 1, luego determine si alguna otra ubicación de tarea dentro o fuera de la zona de iluminación controlada permanece por debajo de la iluminancia objetivo. Si es así, vuelva a calibrar para la ubicación que requiera la configuración de salida de luz más alta.

16.3.5.11 MODELADO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE CONTROL DE FOTOSENSORES

Avances de software recientes permiten el análisis de ahorros de energía anuales para el control de fotosensores y ofrecen la capacidad de evaluar y comparar qué tan bien la señal de un fotosensor y el algoritmo de control rastrean los niveles de luz natural dentro de un espacio [30] . Algunos programas estiman el ahorro de energía basándose en la iluminancia del plano de trabajo, asumiendo que el sistema de control funcionará de manera ideal. En el software de modelado energético de edificios como eQuest (DOE2) o Energy Plus [31] [32] o en el software de iluminación que modela el ahorro anual de energía en iluminación, a menudo se le pide al usuario que ingrese lo siguiente.

• un punto de referencia en el cual se evaluará el nivel de salida del sistema de iluminación controlado (que debería ser el punto de tarea crítico descrito anteriormente)

• la iluminancia objetivo en este punto

• la potencia del sistema de iluminación controlado

Estas herramientas de análisis generalmente determinan la salida de luz y el consumo de energía en la zona atenuada en función de la iluminancia del punto de referencia. Cuando sólo una parte de la luz eléctrica recibida en este punto es controlada por el fotosensor, la iluminancia objetivo ingresada debe ser la iluminancia de luz diurna requerida para lograr la potencia de iluminación mínima (el nivel mínimo de atenuación). Por ejemplo, en la Figura 16.27, si se desean 500 lux y una zona de iluminación interior proporciona 200 lux en el punto objetivo crítico con 300 lux proporcionados por la zona de iluminación controlada, el análisis de la energía ahorrada por un sistema de control de fotosensor debe ser basado en un valor objetivo de luz diurna de 300 lux en este punto de análisis.

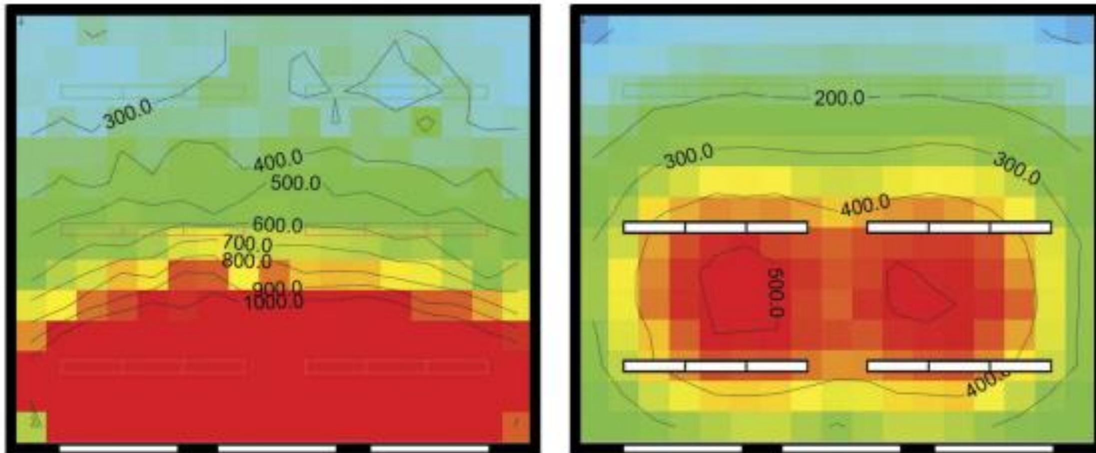


FIGURA 16.26 | ALINEACIÓN DE LA ZONA CONTROLADA CON LA ZONA DE LUZ NATURAL

La distribución de la luz natural (izquierda) y la luz eléctrica proporcionada por las dos primeras filas de luminarias proporcionan distribuciones relativamente similares a lo largo del borde de la zona de iluminación controlada y por lo tanto, están bien correlacionadas. El contorno de 400 lux en la imagen de la izquierda está estrechamente alineado con el contorno de 300 lux en la imagen de la derecha.

Tabla 16.3. Funciones y Opciones del Sistema de Control de Fotosensores

Características del Fotosensor	Opciones/Comentarios
Respuesta Direccional	• Estrecho: se ve más afectado por cambios localizados; restringe la vista al área debajo del fotosensor. Mejor para sensores de punto de ajuste constante. • Amplio: se integra en un área mayor; La señal está influenciada por las ventanas y los parches de luz solar.
Corrección del Color	• Preferido, especialmente para control de punto de ajuste constante
Acción del Control	• Conmutación de zona única • Conmutación de niveles múltiples • Atenuación de zona única (al nivel de atenuación mínimo o apagado) • Atenuación de zonas múltiples
Algoritmo de Control	• Conmutación en bucle abierto • Atenuación en bucle abierto • Punto de ajuste constante en bucle cerrado • Proporcional en bucle cerrado • Conmutación en bucle cerrado
Proceso de Calibración y Ajustes	• Autocalibración: no se necesitan dispositivos adicionales • Autocalibración con dispositivo remoto • Manual con dispositivo remoto • Los ajustes de configuración requieren acceso al fotosensor
Rango de Respuesta de la Señal	• Generalmente se enumeran en lux, pero variarán según la dirección de la fuente para la mayoría de los sensores
Protocolo de Control	• Atenuación de 0-10 V • Atenuación de 2 cables • Atenuación de 3 cables • DALI
Montaje	• Cielorraso suspendido • Paneles de yeso • Integral a las luminarias
Fuente de Alimentación	• Fuente de alimentación • Panel de atenuación • Balasto • Batería • Bucle DALI

Al realizar un estudio de energía o un estudio de correlación de señales, es importante considerar el impacto de los dispositivos de protección operables en la abertura de luz natural, ya que la entrada de luz solar directa a un espacio presenta una condición de luz natural extrema que probablemente resultará en incomodidad y rendimiento deficiente del fotosensor cuando zonas de luz solar brillante caen dentro del campo de visión de los fotosensores. Si es probable que los ocupantes apliquen cortinas o persianas en estas condiciones, el análisis debería considerar lo mismo.

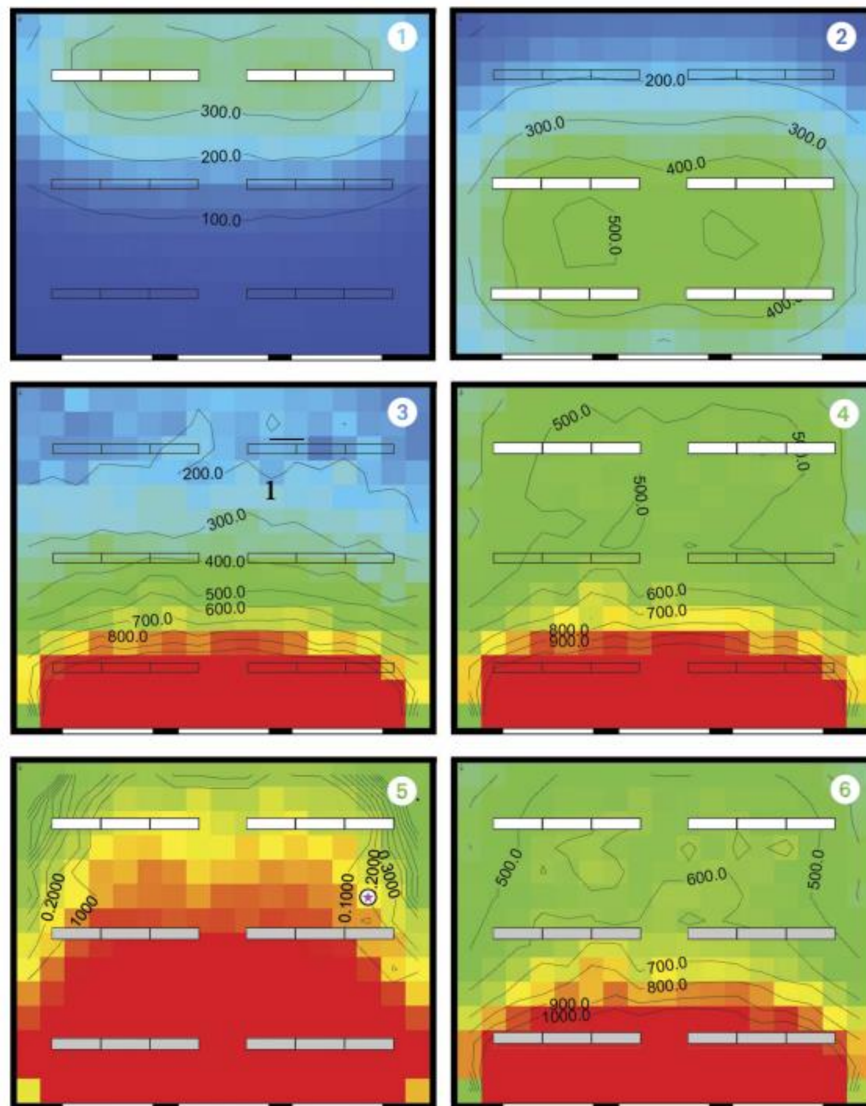


FIGURA 16.27 | ESTABLECIMIENTO DE UNA UBICACIÓN DE TAREA CRÍTICA

Estas imágenes ilustran las contribuciones de las fuentes y el proceso para la calibración de un sistema de atenuación de luz diurna controlado por fotosensor en una habitación con iluminación lateral proporcionada por tres ventanas. Los contornos de iluminancia están en lux (①-④, y ⑥). ④ muestra que los valores de iluminancia están por debajo del valor deseado de 500 lux en los lados de la habitación más allá de la segunda fila de luminarias. Los contornos de línea en ⑤ indican el nivel de atenuación requerido desde la zona atenuada para alcanzar 500 lux en cada punto del plano de trabajo a través del espacio. El punto de tarea crítica se ha colocado en la estrella en ⑤. ⑥ muestra el rendimiento del sistema después de la calibración al punto de tarea crítica con la zona atenuada funcionando al 22 % de la salida total.

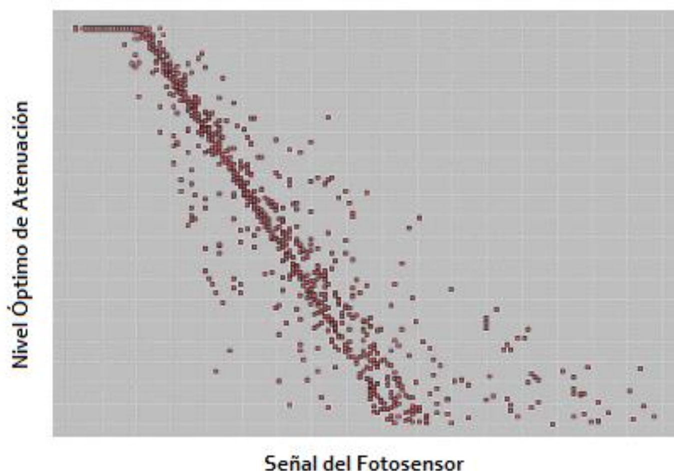
Para que un sistema de control de fotosensor funcione correctamente, la señal recibida por el fotosensor debe estar altamente correlacionada con los niveles de luz natural dentro de un espacio. Algunas herramientas de software brindan información sobre esta correlación al proporcionar un gráfico de la señal del fotosensor versus el nivel de atenuación (o contribución de la luz natural) bajo una variedad de condiciones del cielo. No se garantizan correlaciones altas cuando los fotosensores se colocan en el ccielorraso, ya que la iluminancia que se controla se encuentra en el plano de trabajo. Los gráficos de correlación de muestra que se muestran en la Figura 16.28 ilustran la naturaleza de estas variaciones: cuanto

más ajustado sea el ajuste, mejor funcionará el sistema de control cuando se calibre adecuadamente. Si S/E es idéntico tanto para la luz eléctrica como para la luz natural (el supuesto bajo control de punto de ajuste constante), la pendiente de este gráfico será vertical.

16.3.5.12 PUESTA EN SERVICIO

El proceso de puesta en servicio de un sistema de control de atenuación basado en fotosensor normalmente implica calibrar el algoritmo de control bajo una condición de luz diurna representativa. Dependiendo del algoritmo de control aplicado, también puede requerir una señal nocturna. La mayoría de los sistemas de fotosensores ahora se calibran mediante un dispositivo portátil inalámbrico. También es necesario un medidor de iluminancia para la calibración y en algunos casos, este medidor está incluido en el dispositivo remoto. Para el control de atenuación, la calibración diurna implica colocar un medidor de iluminancia en la ubicación de la tarea crítica, luego la salida de la zona atenuada se ajusta para producir la iluminancia deseada en este punto. Luego se deben verificar otras ubicaciones de tareas para determinar si requieren una configuración más alta de la zona de iluminación controlada. La condición de luz diurna utilizada para la calibración debe cumplir las siguientes condiciones:

1. La condición de luz diurna debe proporcionar una configuración de zona atenuada ligeramente por encima del nivel mínimo de atenuación. Puede que sea necesario ajustar las persianas o cortinas de las ventanas para lograr un nivel de luz natural adecuado.
2. La condición de luz natural seleccionada debe proporcionar una relación S/E relativamente alta. Si se aplican persianas horizontales, se deben inclinar para proporcionar una señal alta del fotosensor (que puede basarse en la iluminancia del cielorraso en el fotosensor) en relación con las iluminancias del punto crítico. Se debe evitar la calibración en condiciones de cielo nublado con aplicaciones de iluminación lateral, ya que éstas generalmente proporcionan relaciones S/E bajas que resultan en ambientes poco iluminados en otras condiciones de cielo. El proceso de calibración y los medios de ajuste son características importantes del producto que deberían permitir una calibración del sistema rápida y sencilla. Algunos productos se autocalibran, otros se calibran de forma remota mediante un dispositivo inalámbrico, mientras que algunos requieren acceso directo al fotosensor para configurar manualmente interruptores o diales. Cuando la calibración sólo se puede realizar mediante el ajuste directo de interruptores o diales en el fotosensor, la calibración se complica por el hecho de que un individuo altera la señal del fotosensor al realizar estos ajustes. La idoneidad de una configuración sólo se puede evaluar una vez que se desaloja el área debajo de un fotosensor (incluida la retirada de la escalera). Los fotosensores autocalibrantes proporcionan configuraciones de algoritmos de control basadas en suposiciones que pueden no estar presentes en todas las instalaciones; por lo tanto, el rendimiento debe verificarse después de la autocalibración del sistema. La capacidad de recalibrar (anular) manualmente estos sistemas a menudo se proporciona en el caso en que la autocalibración no produzca una configuración de control adecuada.



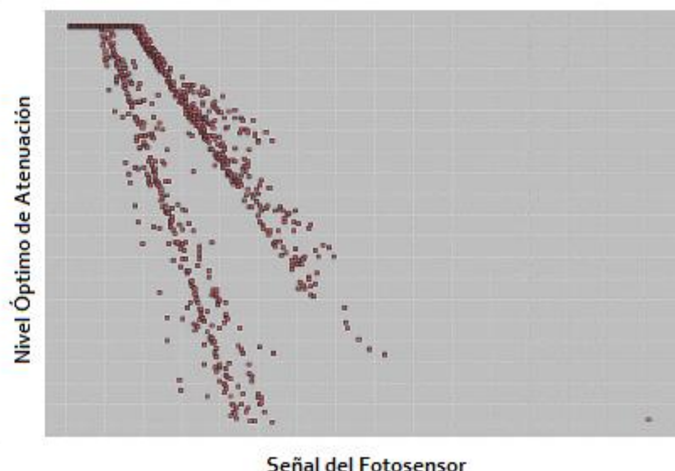


FIGURA 16.28 | GRÁFICOS DE CORRELACIÓN DE LA SEÑAL DEL FOTOSENSOR

La relación entre la señal del fotosensor y los niveles óptimos de atenuación se puede utilizar para evaluar el rendimiento del sistema del fotosensor en una variedad de condiciones de luz diurna. Se desea una colección lineal estrecha de puntos. El gráfico de la derecha ilustra diferencias significativas en la señal del fotosensor cuando se aplican cortinas en comparación con una ventana sin sombra. Esta disposición dará como resultado una atenuación excesiva o insuficiente, dependiendo de la condición utilizada para calibrar el sistema. Para evitar una atenuación excesiva (proporcionar muy poca luz eléctrica), el sistema debe calibrarse en los puntos con la señal más alta. Una mejor solución es aquella en la que todas las condiciones de luz natural están más alineadas. Diferentes posiciones de fotosensores y sensibilidades direccionales pueden proporcionar un patrón de respuesta de nivel a la señal de atenuación más lineal.

En el caso de un sistema de conmutación de fotosensor, es posible que el usuario necesite ingresar configuraciones de punto de conmutación, que luego se pueden probar cerrando las persianas para reducir el nivel de luz natural (con una configuración de retardo de tiempo breve aplicada con fines de prueba).

16.4 INTEGRACIÓN CON ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

Los sistemas de iluminación de emergencia (consulte el Capítulo 44 | EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN) deben funcionar cuando se interrumpe la energía normal [33]. En muchos espacios, una pequeña cantidad de luminarias que iluminan regularmente el espacio también sirven como luminarias de emergencia y se alimentan a través de un panel de control normal/emergencia independiente. Este tablero recibe energía a través de la conexión de la red pública para operación general, pero en caso de un corte de energía se convierte al sistema de energía de emergencia a través de un interruptor de transferencia automática. La energía de emergencia es proporcionada por un generador o una fuente de energía alternativa. En la disposición más sencilla, estas luminarias funcionan las 24 horas del día, lo que puede provocar un despilfarro de energía. En muchos espacios, se prefiere controlar este equipo a través de interruptores locales, atenuadores, sensores de ocupación y fotosensores. Se requiere equipamiento especial para garantizar que los dispositivos de control locales sean anulados en caso de una emergencia.

Con interruptores, atenuadores, sensores de ocupación y conmutación de fotosensores estándar, el circuito de emergencia se puede controlar a través de un dispositivo separado homologado por UL 924 para control automático de carga [34]. Estos componentes funcionan para desviar un dispositivo de control que se aplica a equipos de iluminación normal/emergencia o cambiar entre un cable de alimentación normal que ha pasado a través de un dispositivo de control y una línea de emergencia separada no conmutada que alimenta el equipo de emergencia cuando es necesario. Consulte las Figuras 16.29 y 16.30 para ver ejemplos.

16.5 PROTOCOLOS DE CONTROL

En los productos de control de iluminación se aplican varios protocolos de comunicación diferentes. Estos incluyen formatos analógicos y digitales para comunicar el nivel de salida deseado a balastos de atenuación desde estaciones de pared, fotosensores u otros equipos de control. La mayoría de los enfoques analógicos simplemente entregan una señal que comunica la función de atenuación deseada. Los protocolos digitales incluyen características adicionales y la oportunidad de comunicación bidireccional. Con la comunicación bidireccional, la información sobre el consumo de energía, el estado operativo y la configuración de control se puede devolver a un dispositivo de control maestro. Los protocolos estándar permiten que productos de diferentes fabricantes sean intercambiables y compatibles. También existen algunos protocolos propios. Estos fueron desarrollados por los fabricantes para su uso dentro de sus líneas de productos y limitan la capacidad de aplicar equipos de otro fabricante.

Esta sección cubre los protocolos de comunicación del sistema de control más comunes. Es importante comprender que tanto el dispositivo de control (que puede ser un interruptor de pared, fotosensor u otro dispositivo) como el balasto u otro equipo deben operar bajo el mismo protocolo para ser compatibles.

16.5.1 CONTROL DE 0-10 V

El protocolo de control más común para balastos de atenuación fluorescente hasta ahora se basa en una señal analógica de 0-10 V suministrada a los balastos a través de un par de cables de control que se conectan a cada balasto y están separados del cable estándar de fase, neutro y tierra. Este enfoque también se utiliza para sistemas LED que no se controlan digitalmente. Si los cables de control pasan fuera del conducto eléctrico, pueden ser cables de Clase 2 y tenderse con cables de comunicación. La magnitud del voltaje en estos cables de control determina el nivel de salida al cual el balasto operará las lámparas. Si bien este protocolo ha sido ampliamente adoptado, no existe un estándar oficial al que estos sistemas deban adherirse dentro de la arquitectura de la iluminación. Esto da como resultado diferencias en la salida entre fabricantes para balastos que reciben el mismo voltaje de señal, como se muestra en la Figura 16.31. Tenga en cuenta que los tres balastos en esta figura comienzan a atenuarse sólo después de que el voltaje haya caído por debajo de aproximadamente 8 voltios.

16.5.2 CONTROL DE DOS CABLES

Este enfoque implica modulación de ancho de pulso (PWM), que utiliza una onda cuadrada de alta frecuencia para atenuar las lámparas hasta aproximadamente un 5-10 % de la salida máxima o control de fase que elimina una porción de la onda sinusoidal de voltaje. El control de fase elimina el voltaje desde su punto de cruce por cero hasta aproximadamente el punto medio de la forma de onda, dependiendo del nivel de atenuación deseado. Los sistemas de dos cables utilizan sólo un cable vivo y neutro atenuado, lo cual es conveniente para situaciones de modernización ya que pueden utilizar el cableado existente. En la mayoría de los sistemas, también se proporciona un cable a tierra.

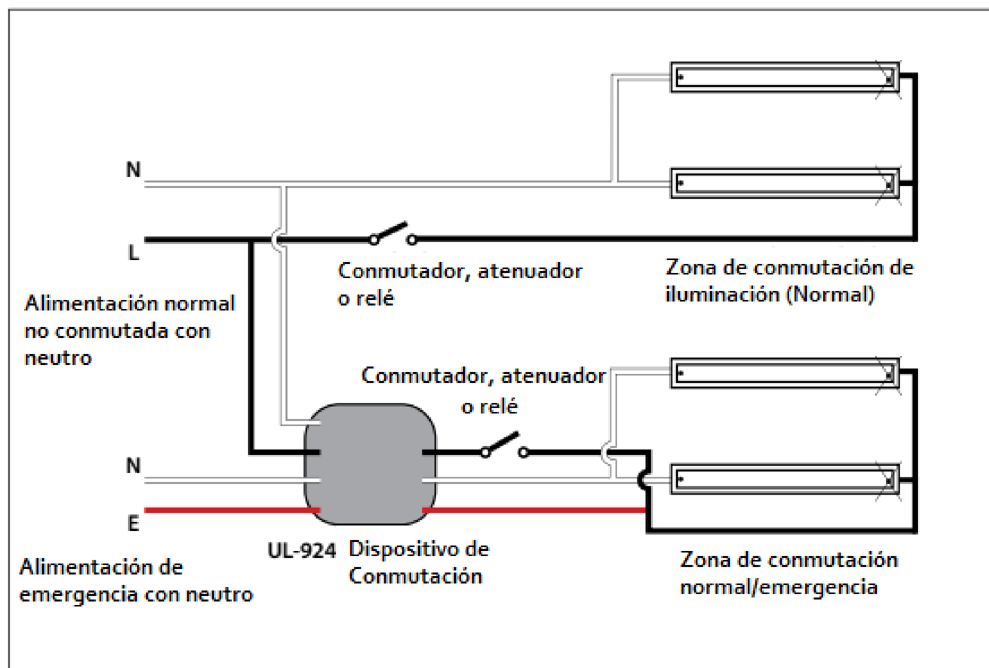


FIGURA 16.29 | UN DISPOSITIVO LISTADO POR UL-924 DESVÍA LA ENERGÍA ALREDEDOR DE UN INTERRUPTOR.

Un atenuador o relé controla solo el circuito normal/de emergencia en esta disposición.

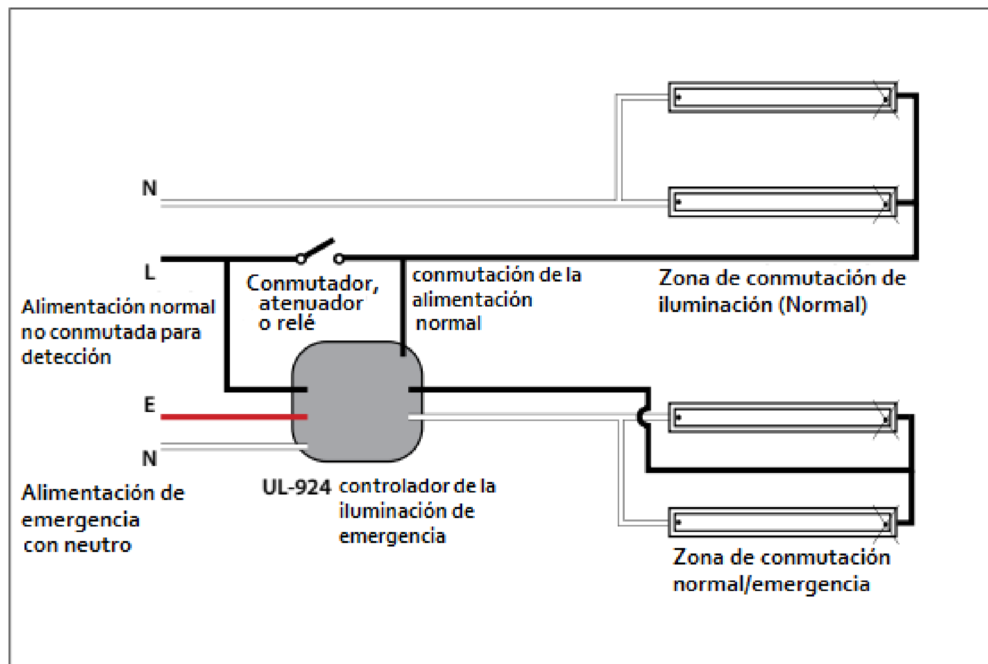


FIGURA 16.30 | UN DISPOSITIVO CON CERTIFICACIÓN UL-924 CONTROLA LA ALIMENTACIÓN DE LUMINARIAS NORMAL/EMERGENCIA.

El dispositivo proporciona alimentación conmutada a un circuito normal/de emergencia en condiciones normales de funcionamiento y suministra energía de emergencia cuando no hay energía normal disponible. Esto permite controlar desde un mismo dispositivo tanto las luminarias normales como las normales/emergencia. La configuración de un sistema de atenuación de dos cables es idéntica, mientras que un sistema de atenuación de tres cables requiere una ligera modificación.

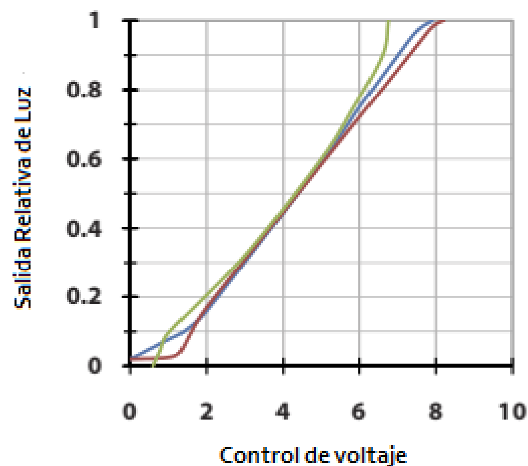


FIGURA 16.31 | CURVAS DE ATENUACIÓN DE 0-10 V PARA TRES BALASTOS

Salida de tres balastos de atenuación fluorescentes de 0-10 V a diferentes voltajes de control. La atenuación no se produce para cada uno hasta que el voltaje de control esté por debajo de aproximadamente 8 voltios [14].

16.5.3 CONTROL DE FASE DE TRES CABLES

El control de fase de tres cables es un sistema patentado de tres cables que envía una señal a través de un tercer cable que se conoce como cable caliente atenuado; siendo los otros dos cables el cable de fase estándar (cable caliente) y el neutro. Este enfoque proporciona una amplia gama de control con atenuación al 1% o menos de la salida de luz total. Dado que hay una carga mínima en el cable caliente atenuado, la generación de calor se minimiza en el dispositivo de control, lo que permite que el equipo de atenuación sea más pequeño. La atenuación con este enfoque ofrece buena uniformidad y estabilidad, pero generalmente es más costosa que algunos de los otros protocolos. La necesidad de tres cables hace que este método sea más adecuado para construcciones nuevas.

16.5.4 CONTROL DIGITAL

El principal protocolo de control digital que se utiliza hoy en día se conoce como DALI (Interfaz de iluminación digital direccionable) [35]. Con DALI, se pueden conectar en red hasta 64 dispositivos (balastos, relés, interruptores, controladores de zona, sensores de ocupación, fotosensores, etc.) en un único bus de control a través de un par de cables de control sin polaridad utilizando una combinación de encadenamiento y ramificación (Ver Figura 16.32). Estos cables se pueden tender dentro de conductos eléctricos (Clase 1) o como cables de comunicación separados siguiendo los requisitos de Clase 2. El circuito eléctrico de los balastos es independiente de cómo se controlan, ya que cada dispositivo (relé, balasto, interruptor, sensor) de la red se aborda por separado para proporcionar un control individualizado. El control digital ofrece inteligencia distribuida a través del microprocesador ubicado dentro de cada dispositivo. Además del control individual, se pueden asignar balastos a uno o más de 16 grupos de control por bus, así como un nivel de salida en hasta 16 escenas diferentes. El control puede realizarse mediante dirección individual, grupo o escena o mediante directiva a todos los dispositivos en un bus. También está disponible una variedad de comandos adicionales.

La comunicación en una red digital es bidireccional: los balastos son capaces de informar sobre lámparas fundidas y el sistema puede reconocer balastos defectuosos. Se pueden consultar los balastos por su nivel de potencia, configuraciones de salida máxima y mínima, tiempo de desvanecimiento, tipo de dispositivo y otra información. El principal beneficio del control digital es la flexibilidad permitida tanto en el diseño como en la configuración del equipo.

Los balastos se pueden asignar a interruptores, sensores de ocupación, fotosensores, grupos de control y escenas a través de software o, en algunos casos, a través de uno de los dispositivos de control sin la necesidad de volver a cablear el equipo a medida que cambian las funciones del espacio y el diseño.

La puesta en marcha de un sistema de control DALI para todo el edificio requiere un esfuerzo importante, ya que cada balasto o relé debe ubicarse en el sistema y asignarse a sus respectivos dispositivos, grupos y escenas de control mediante el software del sistema de control. Los bucles de control pueden conectarse a un enrutador y asignarse una dirección de Internet para un control centralizado o programado. La interfaz de usuario y las funciones proporcionadas por el software de control de iluminación digital son características importantes del sistema. Para quienes operarán las instalaciones, es esencial seleccionar un sistema que sea fácil de operar, configurar y comprender para el personal de las instalaciones.

La energía para el circuito de control DALI (los cables de control) la proporciona una fuente de alimentación u otra fuente de alimentación. Se pueden proporcionar hasta 250 mA a cada bucle de control. Al diseñar un sistema, la corriente consumida por todos los dispositivos colocados en un único bucle DALI no puede exceder la clasificación de la fuente de alimentación para ese bucle. También se encuentran disponibles protocolos de control digital similares para marcas propias. Algunos fabricantes aplican control digital para la comunicación entre controladores de escena, sensores y otros dispositivos. Estos sistemas aplican cable Cat5 o cableado de par trenzado.

16.5.5 BACnet

BACnet [36] es un protocolo de control utilizado para sistemas de automatización de edificios que se aplica comúnmente en grandes redes de campus para controlar equipos en múltiples edificios. BACnet fue desarrollado por ASHRAE para permitir la comunicación con HVAC, iluminación, protección contra incendios y otros sistemas constructivos. Los paneles de iluminación y otros dispositivos de control de iluminación de diversos fabricantes se pueden vincular a un sistema BACnet directamente o mediante un módulo de interfaz. Este módulo, que a menudo se denomina puerta de enlace, convierte los comandos BACnet al protocolo de control utilizado por el equipo de iluminación y también convierte los datos del sistema de control a BACnet cuando se comunica en dirección inversa.

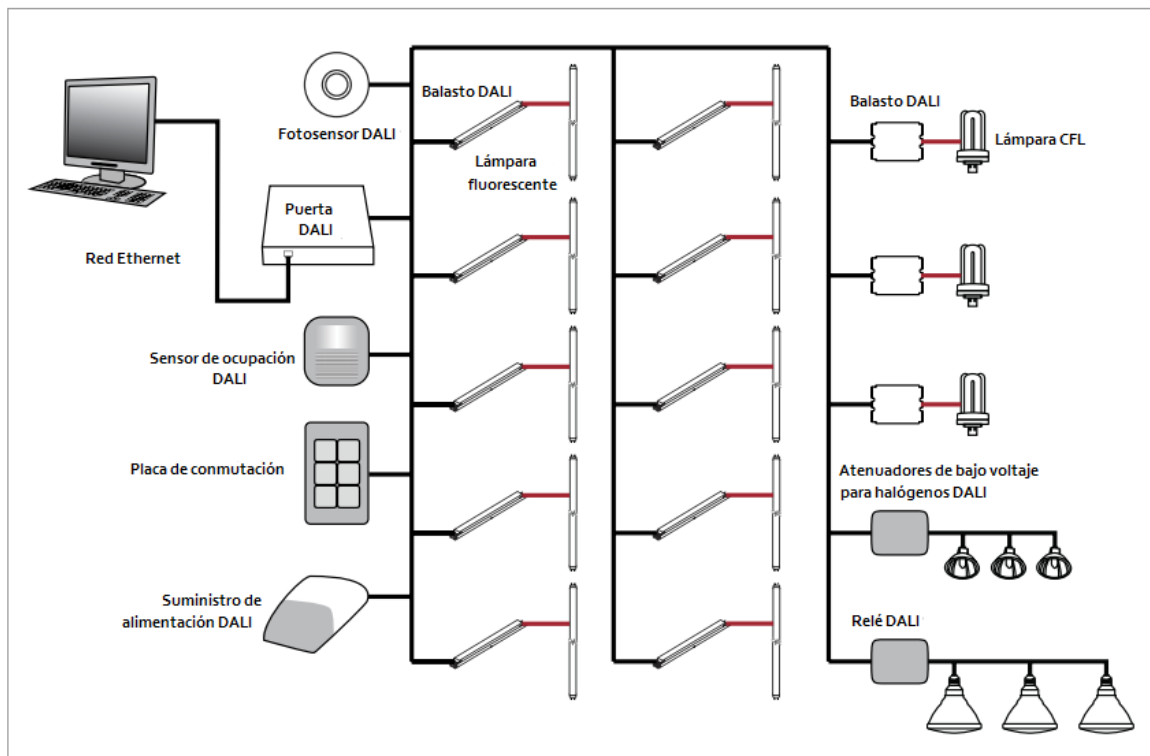


FIGURA 16.32 | ESQUEMA DE DISEÑO PARA UN SISTEMA DE CONTROL DALI
El cableado eléctrico es independiente del control de iluminación.

16.5.6 DMX512

DMX512 [37] es un protocolo de control que se originó en la industria del teatro para controlar la iluminación del escenario y los equipos relacionados. Es un sistema unidireccional que permite enviar instrucciones desde un controlador a dispositivos individuales para controlar la salida de la fuente, así como los dispositivos de iluminación motorizados. Su aplicación más común en la industria de la iluminación arquitectónica es el control de la iluminación de estado sólido RGB (SSL). En muchas instalaciones, los equipos SSL se programan en secuencias o espectáculos cronometrados, como en una representación teatral. DMX funciona con un cable de par trenzado blindado que se conecta en cadena de un dispositivo al siguiente. Algunos fabricantes ofrecen control DMX a través de señales de radiofrecuencia inalámbricas.

16.6 REFERENCIAS

[1] Maniccia D, Rutledge B, Rea MS, Morrow W. 1999. Occupant Use of Manual Lighting Controls in Private Offices. Journal of the Illuminating Engineering Society. 28(2):42-56.

[2] Boyce PR, Eklund NH, Simpson SN. 2000. Individual Lighting Control: Task Performance, Mood, and Illuminance. Journal of the Illuminating Engineering Society. 29(1): 131-142.

[3] Jennings JD, Rubinstein FM, DiBartolomeo D, Blanc SL. 2000. Comparison of control options in private offices in an advanced lighting controls testbed. Journal of the Illuminating Engineering Society, Summer. 39-60.

[4] Moore T, Carter DJ, Slater AI. 2002. A field study of occupant controlled lighting in Offices. Lighting Research and Technology. 34(3):191-205.

[5] Newsham GR, Veitch JA, Arsenault C, Duval C. 2004. Effect of dimming control on office worker satisfaction and performance. Proceedings of the IESNA Annual Conference (Tampa, USA). New York: IESNA

[6] Boyce PR, Veitch JA, Newsham GR, Jones CC, Heerwagen J, Myer M, Hunter CM. 2006. Lighting quality and office work: two field simulation experiments. Lighting Research and Technology. 38(3):191-223.

[7] Boyce PR, Veitch JA, Newsham GR, Jones CC, Heerwagen J, Myer M, Hunter CM. 2006. Occupant use of switching and dimming controls in offices. Lighting Research and Technology. 38(4):358-378.

[8] Galasiu AD, Newsham GR, Suvagau C, Sander DM. 2007 Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study. Leukos. 4(1):7-29.

[9] Lindelöf D, Morel, N. 2006. A field investigation of the intermediate light switching by users. Energy and Buildings. 38(7):790-801.

[10] California Energy Commission. 2010. 2008 Building Energy Efficiency Standards for Residential and non-Residential Buildings. California Code of Regulations, Title 24, Part 1.

[11] ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1. 2009. Standard for the Design of High Performance, Green Buildings. Atlanta/Washington. ASHRAE/USCBC.

[12] NEMA. 2010. Recommended Practice—Lamp Seasoning for Fluorescent Dimming Systems, NEMA LSD 23-2010. Rosslyn, Virginia: NEMA.

[13] NEMA. 2002. Guidelines on the Application of Dimming to High-Intensity Discharge Lamps, NEMA LSD 14-2002. Rosslyn, Virginia: NEMA.

[14] Lee ES, Clear RD, Ward GJ, Fernandes LL. 2007. Commissioning and Verification Procedures for the Automated Roller Shade System at The New York Times Headquarters, New York, New York. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA; [cited on 2010 May 17]. Available at http://windows.lbl.gov/comm_perf/pdf/nyt-shade-cx-procedures.pdf.

[15] Rensselaer Polytechnic Institute. 2007. Photosensors - LRC Specifier Report. Vol 11(1). RPI.

[16] Newsham GR, Mancini S. 2006. The Potential for demand responsive lighting in non-daylit offices. Leukos. 3(2):105-120.

[17] Newsham G, Birt B. 2010. Demand-responsive Lighting – A Field Study. Leukos. 6(3):203-225.

[18] Rubinstein F, Kiliccote S. 2007. Demand Responsive Lighting: A Scoping Study. Demand Response Research Center; [cited on 2010 May 17]. Available at http://drrc.lbl.gov/pubs/62226.pdf.

[19] Lee ES, Selkowitz, SE. 2006. The New York Times Headquarters daylighting mock-up: Monitored performance of the daylighting control system, Energy and Buildings. 38(7):914-929.

[20] NEMA. 2000. Occupancy Motion Sensors, NEMA WD 7. Rosslyn, Virginia: NEMA.

[21] Maniccia D and Tweed A. 2000. Occupancy sensor simulations and energy analysis for commercial buildings. Troy NY: Lighting Research Center.

[22] Von Neida B, Maniccia D, Tweed A. 2000. An Analysis of the Energy and Cost Savings Potential of Occupancy Sensors for Commercial Lighting Systems. IESNA 2000 Annual Conference Proceedings. New York: IESNA.

[23] Lighting Research Center. 2003. Reducing Barriers to Use of High Efficiency Lighting Systems, Final Report Submitted to US DOE. p. 95-100; [cited on 2010 May 17]. Available at http://www.lrc.rpi.edu/researchAreas/reducingBarriers/pdf/year2FinalReport.pdf.

[24] Rubinstein F, Ward G, Verdeber R. 1989. Improving the Performance of Photo-Electrically Controlled Lighting Systems. J Illum Eng Soc. 18(1):70-94.

[25] Building Technologies Program, LBNL. 1997. Tips for Daylight with Windows. University of California Regents; [cited on 2010 May 17]. Available at http://windows.lbl.gov/daylighting/designguide/download.html.

[26] Heschong Mahone Group. 1998. Skylighting Guidelines. Energy Design Resources; [[cited on 2010 May 17]. Available at http://www.energydesignresources.com/Portals/0/documents/DesignGuidelines/EDR_DesignGuidelines_Skylighting.zip.

[27] Doulosa L,Tsangrassoulisb A, Topalisa FV. 2008. The role of spectral response of photosensors in daylight responsive systems. Energy and Buildings. 40(4): 588-599.

[28] Koyle B, Papamichael K. 2009. Improved Daylighting Controls through Dual Loop Sensing. Proceedings of the 2009 IES Conference, Seattle, WA. New York: IESNA.

[29] Mistrick RG, Thongthipaya J. 1997. Analysis of Daylight Photocell Placement and View in a Small Office. J Illum Eng Soc. 26(2):150-160.

[30] Architectural Energy Corporation. 2008. Sensor Placement + Optimization Software v.4.0. Arch Energy; [cited on 2010 May 17]. Available athttp://www.archenergy.com/SPOT.

[31] US DOE. Energy Plus Energy Simulation Software; [cited on 2010 May 17]. Available at http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/.

[32] James J. Hirsch & Associates. 2010. eQuest; [cited on 2010 May 17]. Available at http://doe2.com/equest/index.html.

[33] NFPA. 2009. NFPA 101: Life Safety Code. Quincy, MA: NFPA.

[34] Underwriters Laboratories. 2006. UL 924, the Standard for Safety of Emergency Lighting and Power Equipment. Chicago: UL.

[35] IEC. 2009. IEC 62386-Digital Addressable Lighting Interface. Geneva: IEC.

[36] ASHRAE. 2008. ANSI/ASHRAE Standard 135-2008, BACnet—A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks. Atlanta: ASHRAE.

[37] ANSI. 2008. ANSI E1.11-2008: Entertainment Technology—USITT DMX512-A—Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories. Washington: ANSI.


Image ©Sally Painter Photography

17 | GESTIÓN ENERGÉTICA

Obviamente, el tipo más alto de eficiencia es aquel que puede utilizar el material existente de la mejor manera.
Jawaharlal Nehru, primer primer ministro de la India

CONTENIDO

La gestión de la energía de iluminación es el proceso de satisfacer los requisitos de calidad de la iluminación, así como las necesidades de espacio, tareas y usuarios con un bajo consumo de energía, a través del diseño y operación de sistemas de iluminación energéticamente eficientes. La energía de iluminación en los edificios es importante debido a la importante energía que consume un sistema de iluminación a lo largo de su vida útil. Promediado en todos los edificios comerciales, la iluminación consume aproximadamente el 19% de la energía total de la obra, el 25% de la energía primaria y el 32% de la energía eléctrica [1]. En los últimos años, los límites de densidad de potencia y los requisitos de control impuestos por los códigos y estándares energéticos han ayudado a reducir significativamente el consumo de energía de iluminación en edificios nuevos. Es probable que los sistemas de iluminación existentes que se instalaron hace décadas consuman significativamente más energía que las construcciones nuevas que cumplen con el código. Afortunadamente, la energía de iluminación en los edificios existentes se puede reducir mediante una modernización rentable o un rediseño completo del sistema de iluminación que aplique equipos de iluminación y tecnología de control energéticamente eficientes para proporcionar una iluminancia y una calidad de iluminación que cumplan con las recomendaciones actuales de IES. En el diseño de iluminación, las decisiones relacionadas con casi todos los componentes del sistema de iluminación pueden afectar el consumo de energía, incluidas las opciones de lámpara, balasto, luminaria, diseño de luminarias, circuitos, dispositivos de control y mantenimiento del sistema. Dado que los sistemas instalados funcionan durante décadas, la eficiencia energética debe ser una consideración importante en el diseño de iluminación. Este capítulo describe muchas de las oportunidades clave para mejorar la eficiencia energética de los sistemas de iluminación nuevos y existentes. Se pueden encontrar detalles más específicos sobre las tecnologías disponibles, los componentes del sistema

y las estrategias de diseño en otros capítulos de este manual. En los márgenes de este capítulo se proporcionan referencias a discusiones más detalladas incluidas en otros capítulos.

RECURSOS DE ILUMINACIÓN NATURAL Y SISTEMAS DE CONTROL INTEGRADOS DE IESH/10e

> 7.1 Luz natural

> 141 DISEÑO DE LUZ DIURNA

> 16.3.5 Fotosensores

RECURSOS DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN DE IESH/10e

> 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

> Tabla 13.1a Rendimiento de la lámpara y características de funcionamiento: filamento y SSL

> Tabla 13.1b Rendimiento de la lámpara y características de funcionamiento: fluorescente y HID

> 8 | LUMINARIAS: FORMAS Y ÓPTICAS

17.1 ESTRATEGIAS BÁSICAS

Las estrategias fundamentales de gestión de la energía de iluminación se pueden clasificar en tres áreas principales: iluminación natural, iluminación eléctrica y sistemas de control de iluminación. Los sistemas de control pueden abordar únicamente la luz natural o la iluminación eléctrica o la integración de ambas fuentes.

17.1.1 ILUMINACIÓN NATURAL

La incorporación de la luz natural en el diseño de un edificio ofrece un potencial significativo para minimizar la energía de iluminación eléctrica de un edificio en una variedad de aplicaciones. La luz natural es abundante durante gran parte del día, proporciona una excelente calidad espectral y es deseada por la mayoría de los ocupantes de los edificios. La arquitectura de un edificio, los sistemas de iluminación eléctrica y los sistemas de control de iluminación asociados deben diseñarse y operarse adecuadamente para lograr ahorros en energía de iluminación eléctrica a través de la iluminación natural [2].

17.1.2 ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Se requiere iluminación eléctrica cuando la luz del día no cumple con los requisitos de la tarea. La energía de iluminación se puede minimizar mediante el uso de fuentes, luminarias y disposición del sistema energéticamente eficientes en combinación con equipos de control de iluminación que minimicen el tiempo de funcionamiento.

Los códigos de energía actuales restringen las densidades de potencia de iluminación (LPD) hasta el punto en que sólo se pueden aplicar equipos y sistemas energéticamente eficientes en nuevos diseños, lo que hace que las soluciones que “superen” estos requisitos con LPD aún más bajas sean un desafío, pero aún posibles. Aun así, los objetivos energéticos no deberían alcanzarse a expensas de la calidad de la iluminación. Un diseño de bajo consumo energético debe cumplir con los objetivos y recomendaciones de iluminación para las tareas y funciones espaciales y proporcionar un ambiente luminoso cómodo, productivo y agradable. En los espacios de trabajo, los costos asociados con cambios incluso pequeños

en la productividad de los trabajadores que pueden verse comprometidos por una mala calidad de iluminación superarán con creces cualquier ahorro en costos de energía en iluminación.

17.1.3 CONTROLES DE ILUMINACIÓN

Dado que la energía es igual al producto de la potencia y el tiempo (Energía = Potencia x Tiempo), la energía de iluminación se puede minimizar reduciendo la potencia de iluminación o limitando su tiempo de funcionamiento. Los controles de iluminación y la zonificación adecuada de los equipos de iluminación pueden ayudar a reducir el tiempo de funcionamiento o en el caso de sistemas de atenuación o conmutación multinivel, permitir que el sistema de iluminación eléctrica funcione a niveles de potencia reducidos. La mayoría de los códigos de energía exigen el apagado automático de los equipos de iluminación para minimizar el desperdicio de energía [3] [4]. Los productos de control que cumplen con este requisito aplican alguna forma de control de ocupación o basado en el tiempo. Se debe evaluar la idoneidad de diferentes sistemas o componentes de control de iluminación para cada espacio o proyecto, considerando su costo, operación y potencial de ahorro energético. Por ejemplo, los sensores de ocupación pueden ahorrar energía significativa (20-40%) en oficinas privadas y espacios compartidos que están vacíos durante parte del día, pero que serían inadecuados para otros espacios, como un gran vestíbulo de entrada a un edificio. Se pueden aplicar relojes horarios en áreas que no son adecuadas para el control de ocupación para garantizar que la iluminación se apague cuando un negocio está cerrado.

RECURSOS DE SISTEMAS DE CONTROL IESH/10e

> 16.2.5 Control y Detección de Ocupación

> 16.3.4 Sensores de Ocupación/Vacancia

> 16.2.6 Control de Tiempo

17.2 NUEVA CONSTRUCCIÓN

En construcciones nuevas, se requiere un alto nivel de eficiencia energética de los sistemas de iluminación basados en los códigos energéticos actuales. Además, los sistemas de calificación de edificios sustentables como LEED [5] [6] [7] [8] [9], así como los códigos de construcción de edificios sustentables [10] [11], fomentan o requieren medidas u objetivos de eficiencia adicionales, como la aplicación de luz natural sobre la mayor parte del área interior habitualmente ocupada.

17.2.1 DISEÑO PARA ILUMINACIÓN NATURAL

Una estrategia importante para minimizar la energía de iluminación en edificios nuevos es la aplicación de la luz natural como fuente principal de iluminación interior. En el diseño de edificios nuevos, la iluminación natural influye en el diseño a través de la ubicación, la distribución del espacio y las configuraciones de apertura de la luz natural. Un diseño exitoso se logra mediante un esfuerzo coordinado de todo el equipo de diseño desde las primeras fases del diseño, abordando la cantidad y calidad de la luz natural, así como el consumo total de energía del edificio. La clave para la calidad de la luz natural radica en el diseño arquitectónico, las configuraciones del espacio, la ubicación y el tamaño de las aberturas de luz natural, los dispositivos de sombreado y los elementos de redireccionamiento de la luz. Consulte la Figura 17.1 para ver un ejemplo de un edificio que contiene elementos de sombreado para proteger las ventanas orientadas al sur de la luz solar directa.

La iluminación natural requiere un diseño cuidadoso debido a su naturaleza dinámica que resulta tanto de las condiciones atmosféricas como de la posición siempre cambiante del sol. Los diseños exitosos brindan iluminación natural de calidad al tiempo que controlan la ganancia solar, las cargas de HVAC y la penetración de la luz solar que puede causar deslumbramiento e incomodidad.

Los ahorros de energía se logran cuando la iluminación eléctrica se atenúa o se apaga durante los momentos en que los niveles de luz natural interior son suficientes para satisfacer las necesidades de espacio y tareas (consulte la Figura 17.2). Esto se logra mejor mediante iluminación controlada por fotosensores en áreas con luz natural. El ahorro de energía en iluminación en las partes de un edificio con iluminación natural puede oscilar entre el 30% y el 60% de la energía requerida cuando no se aplica control de fotosensor.

RECURSOS DE CONTROL INTEGRADO DE ILUMINACIÓN NATURAL IESH/10e

> 16.3.5 Fotosensores

17.2.2 EQUIPO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Cuando un espacio está ocupado y se requiere iluminación eléctrica, la energía se gestiona mediante el uso de equipos de iluminación de bajo consumo, la disposición adecuada de este equipo para ajustarse a la luz del día y las zonas de ocupación y un sistema de control que minimice la energía de iluminación desperdiciada. La iluminación de tareas localizada es un enfoque de diseño que ayuda a minimizar el consumo de energía de iluminación, ya que los niveles más altos requeridos para tareas específicas se pueden aplicar precisamente donde sea necesario, con niveles ambientales más bajos proporcionados fuera de estas tareas. El sistema ambiental debe cumplir con las relaciones de luminancia recomendadas para la tarea y el fondo y proporcionar una iluminancia adecuada para las tareas no críticas. Un enfoque de iluminación en capas, algo no uniforme, que tenga en cuenta las necesidades de diferentes áreas y superficies dentro de un espacio, puede mejorar la apariencia del espacio y al mismo tiempo ahorrar energía en comparación con un sistema de iluminación general uniforme diseñado para la tarea visual más crítica, que podría ocurrir con poca frecuencia y dentro de un área definida y limitada. Para diseñar un sistema de iluminación de bajo consumo se requieren equipos energéticamente eficientes. Sin embargo, la lámpara o el sistema de lámpara-balasto con la mayor eficacia luminosa (lúmenes por vatio) no siempre proporciona la energía de sistema de iluminación instalada más baja que cumpliría con los objetivos de un diseño. Una fuente menos eficiente puede proporcionar un mejor control de la iluminación y consumir menos energía durante su vida operativa mientras logra el rendimiento deseado del sistema. En algunos casos, las consideraciones sobre la calidad de la iluminación pueden descartar fuentes específicas debido al color, la controlabilidad, el tamaño, los lúmenes de la fuente disponible, los requisitos de potencia-candelas u otras propiedades de la fuente. La solución preferida es aquella que cumple con todos los requisitos de iluminación del espacio y al mismo tiempo minimiza los vatios del sistema de iluminación. Los especificadores y otras personas que compran equipos de iluminación deben tener cuidado con las etiquetas de "ahorro de energía" en las lámparas y otros componentes. En muchos casos, los productos de ahorro de energía consumen menos energía que el equipo estándar que están diseñados para reemplazar, pero a menudo a expensas de la salida de luz. Estos productos se aplican mejor en situaciones de modernización donde las reducciones en la producción de lúmenes aún cumplirían con los estándares y recomendaciones. La aplicación de lámparas o balastos de bajo consumo de potencia reducida en un nuevo diseño no proporciona ningún beneficio si requiere más lámparas o luminarias, ya que esto sólo puede servir para aumentar el costo del sistema y proporcionar poco o ningún ahorro de energía. En determinadas aplicaciones, las lámparas o balastos de bajo consumo pueden resultar

útiles para ajustar la salida de luz que, de otro modo, superaría los niveles objetivo teniendo en cuenta el espaciado de las luminarias u otros requisitos de diseño. Se debe tener cuidado para garantizar que la eficiencia energética se logre a nivel del sistema, lo que requiere el uso de productos energéticamente eficientes, así como estrategias de diseño y control energéticamente eficientes.



FIGURA 17.1 | SOMBREADO DE LAS VENTANAS ORIENTADAS AL SUR

La fachada sur de este edificio de oficinas aplica voladizos, aletas verticales y una pantalla para proteger las ventanas de la luz solar directa y permitir que la luz natural difusa ingrese a los espacios de oficina y vestíbulo. » Imagen ©Mike Sinclair



FIGURA 17.2 | UNA BIBLIOTECA CON ILUMINACIÓN NATURAL

La luz natural proporcionada a través de los tragaluces de esta biblioteca permite apagar gran parte de la iluminación eléctrica. Los deflectores de tela de colores bloquean la vista de las brillantes aberturas del tragaluz, mientras que el cielorraso extendido permite que la luz del día se distribuya sobre una amplia superficie. La orientación de los estantes permite la penetración de la luz natural en los pasillos de las pilas. » Imagen ©Heschong Mahone Group, Inc.

Los balastos electrónicos son la norma para los sistemas fluorescentes y ahora están disponibles para muchas lámparas HID de potencia baja y media. Ofrecen importantes ahorros de energía gracias a pérdidas internas significativamente menores en comparación con los balastos magnéticos estándar. El sistema de clasificación del Factor de Eficacia del Balasto (BEF) se puede utilizar para comparar balastos que funcionan con una lámpara en particular. El BEF es igual al factor de balasto dividido por los vatios de entrada del balasto. El producto del BEF y la clasificación de lúmenes de la lámpara es la eficacia de la lámpara y el balasto en lúmenes por vatio proporcionada por una combinación particular de lámpara y balasto. No es apropiado comparar BEF entre diferentes tipos de lámparas, el BEF no se correlacionará directamente con la potencia del sistema de iluminación si el número requerido de luminarias cambia con el balasto que se aplica. Al seleccionar luminarias, los vatios del sistema necesarios para cumplir los objetivos del diseño son clave. Para proporcionar una métrica más general para comparar entre luminarias, NEMA [12] desarrolló la Clasificación de Eficacia Objetivo (TER). Este sistema de clasificación reemplazó el sistema anterior de Clasificación de Eficacia de Luminarias (LER) [13]. TER es igual a los lúmenes de la luminaria que alcanzan el área objetivo en las condiciones prescritas para esa clase de aplicación de luminarias, divididos por la potencia de entrada a la luminaria. En el sistema anterior, LER se definía como la relación entre el total de lúmenes de luminaria emitidos (incorporando el factor de balasto y los efectos térmicos) y la potencia de entrada del sistema. La métrica LER no tuvo en cuenta la eficiencia con la que una luminaria entrega luz a un plano de tarea cuando se aplica en un espacio real. Para luminarias interiores, TER tiene en cuenta el rendimiento del sistema al entregar lúmenes a un plano de trabajo horizontal en dos tamaños de habitación diferentes y un conjunto determinado de reflectancias de superficie de la habitación. El TER utiliza el promedio de los coeficientes de utilización para estas dos condiciones de la habitación, que varían en las 16 clasificaciones diferentes de luminarias interiores. Este sistema, al igual que LER, incluye el impacto en la eficiencia de cada componente del sistema: luminaria, lámpara y balasto. TER es una métrica de energía simplificada para comparar la eficacia relativa de luminarias alternativas en condiciones estandarizadas y, por lo tanto, tiene un valor limitado ya que no aborda la calidad de la iluminación ni medidas de rendimiento específicas de la aplicación. Para la iluminación exterior, el sistema TER considera 14 clasificaciones de luminarias diferentes y aplica coeficientes de utilización de la vía (los lúmenes entregados a un área objetivo específica según la altura de montaje) o eficiencia fotométrica de la luminaria, según el tipo de luminaria.

TER: Target Efficacy Rate

BEF: Ballast Efficacy Factor

LER: Luminarie Efficacy Rate

17.2.3 CONTROLES DE ILUMINACIÓN

Se puede ahorrar energía al no operar equipos de iluminación que no sean necesarios. El sistema de iluminación instalado establece la potencia máxima de iluminación que se puede consumir en cualquier momento, mientras que el sistema de control de iluminación y los ocupantes controlan la cantidad de luz y el tiempo de funcionamiento del sistema. Los sistemas de control automático de iluminación basados en el tiempo y la ocupación pueden minimizar o reducir el tiempo de funcionamiento, mientras que los fotosensores pueden atenuar o apagar la iluminación eléctrica cuando hay luz natural disponible (consulte la Figura 17.3). El control de nivel variable basado en los ocupantes que aplica atenuación, conmutación multinivel o conmutación basada en zonas puede proporcionar ahorros adicionales, ya que algunos usuarios optarán por operar un sistema de iluminación a menos de la carga completa bajo ciertas condiciones. Muchos de los códigos de energía actuales exigen el apagado automático de los equipos de iluminación en la mayoría de los espacios, ya sea mediante el uso de un sensor de ocupación o un control basado en el tiempo. Los sensores de ocupación ayudan a minimizar el funcionamiento del sistema de iluminación apagando los equipos de iluminación cuando los espacios están vacantes, mientras que el control del reloj opera el equipo durante el período de tiempo en el que se espera ocupación,

como durante el horario comercial normal. El uso exclusivo del control horario en oficinas o aulas generará un desperdicio de energía cuando los espacios estén desocupados y la iluminación permanezca encendida. Muchos sistemas basados en tiempo realizan barridos en horarios preestablecidos para apagar las luces, como al final de la jornada laboral. Generalmente se proporciona una advertencia de apagado a la que los ocupantes pueden responder con una solicitud para anular la acción de apagado. En una aplicación típica, barridos adicionales en momentos seleccionados durante la noche ayudan a desenergizar las luces en áreas donde el apagado fue anulado durante barridos anteriores o donde la iluminación pudo haber sido reactivada posteriormente por el personal de limpieza u otras personas. El tamaño de las zonas de control de iluminación influye en el consumo de energía en la mayoría de las aplicaciones, ya que el tamaño de la zona de control dicta cuánta energía se debe gastar para iluminar una sola estación de trabajo, un área de circulación o un área de tareas general cuando se trata de un espacio grande, como un área de oficina abierta que está ocupado por un solo individuo. Los tamaños de zona más pequeños mejorarán el ahorro de energía. La flexibilidad en el control también puede ser beneficiosa. Se ha demostrado que el control personal de la iluminación eléctrica en forma de atenuación o conmutación multinivel proporciona ahorros de aproximadamente el 10% [14]. Para la iluminación de tareas, se encuentran disponibles regletas de enchufes con sensores de ocupación integrados para apagar la iluminación de tareas, los monitores de computadora y otras cargas no críticas cuando una estación de trabajo está vacía. Estos dispositivos a menudo contienen protección contra sobretensiones y circuitos no conmutados para alimentar continuamente computadoras personales y otros dispositivos. En la Tabla 17.1 se proporciona una lista de tecnologías de control disponibles para gestionar la energía de iluminación. Muchas de estas tecnologías se pueden aplicar en nuevos diseños, reiluminación y modernizaciones.

17.2.4 DISEÑO DEL ESPACIO Y SELECCIÓN DE MATERIALES

Dado que una parte de la luz que llega a cualquier punto dentro de un espacio se refleja en las superficies de la habitación, la reflectancia de estas superficies juega un papel en la cantidad de luz que entrega un sistema. Esto es especialmente importante cuando la luz se dirige desde las luminarias a las superficies de la habitación, como en el caso de iluminación indirecta o directa/indirecta, iluminación de cornisas, sistemas de ranuras de pared y bañados de pared. En los sistemas de iluminación indirecta estándar, la luz debe reflejarse en el cielorraso. Los fabricantes de cielosrrasos ahora ofrecen paneles de alta reflectancia que reflejan hasta el 90% de la luz incidente, en comparación con los productos estándar que oscilan entre el 75 y el 80%.

RECURSOS DE CONTROLES DE ILUMINACIÓN IESH/10e

> 16.1.3.1 Zonas de control y programas de carga > 16.2.5 Control y detección de ocupación > 16.3.4 Sensores de ocupación/vacancia > 16.2.6 Control de tiempo > 16.3.1 Encendido/apagado

IESH/10e RECURSOS DE GESTIÓN DE CARGA DE ENCHUFE

> Figura 16.15 | Controlador de Carga de Enchufe

Cuadro 17.1 | Opciones de Control de Iluminación para la Gestión de Energía
Opciones de control para aplicaciones de nueva construcción, reiluminación y modernización.

Tecnología	Ventajas	Limitaciones y Comentarios	Las mejores aplicaciones
Interruptor de Tiempo Digital	• Apaga las luces automáticamente después de un período de tiempo establecido • Reemplaza el interruptor de palanca estándar	• Las luces permanecen encendidas hasta que el cronómetro haga la cuenta regresiva incluso si el espacio está desocupado	• Cuartos de almacenamiento
Interruptor de Pared Sensor de Ocupación	• Apaga las luces cuando el espacio está desocupado • Reemplaza el interruptor de palanca estándar • También están disponibles interruptores de pared con sensor de ocupación de dos niveles	• La posición de montaje limita la vista a través del espacio	• Cuartos de almacenamiento, oficinas privadas pequeñas
Montaje en el ed Cielorraso Sensores de Ocupación	• Apaga las luces cuando un espacio está desocupado • Amplio área de cobertura • También se puede usar para configuración de control alto/bajo	• Se necesita algo de recableado a menos que se apliquen modelos inalámbricos • Debe cumplir con los códigos locales de incendio y salida • Debe estar cablibrado/puesta en servicio • La recalibración requiere personal capacitado	• Oficinas privadas grandes, oficinas abiertas, aulas, baños, pasillos de gimnasios, almacenes
Fotosensores	• Aprovecha la luz natural • Se puede usar con control de atenuación o conmutación	• Debe estar ubicado adecuadamente • Debe estar cablibrado/puesta en servicio • Requiere balastos de atenuación y cableado apropiado • La recalibración requiere personal capacitado	• Aprovechamiento de luz natural en aulas, oficinas, almacenes, gimnasios y aplicaciones exteriores
Panel con Reloj Integrado e Interruptor Automático	• Proporciona control de circuito programable basado en tiempo • El interruptor de anulación reemplaza el interruptor de palanca en el espacio	• Es posible que se requiera espacio adicional en el armario eléctrico	• Grandes tiendas minoristas, almacenes, oficinas abiertas, oficinas privadas
Operación Remota Disyuntor de Circuito	• Ofrece circuito basado en tiempo control • Reemplaza el disyuntor manual • No se necesita cableado de control adicional	• Proporciona control de circuitos completos únicamente	• Grandes superficies minoristas, almacenes, oficinas, circulación
Basado en la Ocupación Control de Carga en Enchufe	• Controla la iluminación de tareas y otras cargas de energía de la estación de trabajo según la ocupación • Puede reubicarse fácilmente si cambia la distribución del espacio • También sirve como protector contra sobretensiones	• Limitado por el número de salidas controlables • Se debe instruir al usuario sobre su uso • Puede desactivarse fácilmente	• Oficinas privadas, cubículos de oficina abiertos
Luminaire-Integrated Occupancy Sensors	• Apaga la luminaria u opera la luminaria a potencia reducida cuando el espacio está desocupado • Proporciona salida de luz completa al momento de la ocupación • No requiere cableado de control adicional	• Debe cumplir con los códigos locales de incendio y salida	• Espacios de oficinas abiertos, escaleras, pasillos • Garajes de estacionamiento, estacionamientos, iluminación de caminos

Las reflectancias más altas de paredes y pisos también ayudan a aumentar la luz reflejada en todos los tipos de sistemas de iluminación. Las reflectancias de las paredes son especialmente críticas en espacios altos o estrechos, donde es probable que más luz emitida por las luminarias y reflejada desde el cielorraso incida en las paredes en lugar del plano de trabajo. En espacios altos, las luminarias con una distribución concentrada hacia abajo iluminarán más eficientemente un plano horizontal en el suelo, aunque se debe prestar atención al aspecto y luminosidad de las paredes, que pueden parecer oscuras en estas condiciones. Debido a que el cielorraso reflejará una cantidad significativa de luz hacia las

paredes, una luminaria predominantemente vertical en un espacio alto será relativamente ineficaz a la hora de iluminar el suelo.

Para la iluminación natural, las reflectancias superiores de la superficie de la habitación, particularmente en el cielorraso, las paredes y los pisos adyacentes a una ventana y frente a ella, proporcionan más luz natural reflejada a un espacio interior y reducen la necesidad de iluminación eléctrica. Otro beneficio importante de reflectancias más altas es que las superficies adyacentes a una ventana lograrán una luminancia mayor, reduciendo el contraste entre la ventana y estas superficies adyacentes. Esto proporciona una condición de visualización más cómoda que puede reducir la tendencia de los ocupantes a aplicar dispositivos de protección en las ventanas y por lo tanto, ofrecer niveles más altos de luz natural interior que contribuyen al ahorro de energía a través del control automático de la iluminación eléctrica. Ver Figura 17.4.



FIGURA 17.4 | UN SALÓN DE CLASES DE JARDÍN DE INFANTES CON ILUMINACIÓN NATURAL

Este salón aplica reflectancias en techos y paredes altos para ayudar a distribuir la luz natural desde las ventanas orientadas al norte y el triforio. La pintura blanca también reduce el contraste entre las aberturas y las superficies interiores adyacentes. Es posible lograr importantes ahorros de energía con un sistema de control de iluminación correctamente configurado y calibrado. » Imagen ©Gelfand Partners Architects

RECURSOS DE FACTORES DE PÉRDIDA DE LUZ IESH/10e

> 10.7 Factores que Afectan los Cálculos de Iluminación

17.2.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En el diseño de nuevos sistemas, las prácticas de mantenimiento de los propietarios, que incluyen el cambio de lámparas y la limpieza de luminarias, determinan los factores de pérdida de luz que se aplican en los cálculos del diseño del sistema de iluminación. Estos a su vez afectan la cantidad de lámparas o luminarias necesarias en el espacio. Por lo tanto, un mantenimiento adecuado puede ayudar a lograr un diseño de bajo consumo energético. Un sistema de iluminación que se limpia regularmente dará como resultado una menor depreciación por suciedad de las luminarias y requerirá menos luminarias, lo que reduce el costo inicial del sistema, la potencia de iluminación instalada y el consumo de energía de iluminación. De manera similar, el cambio de lámparas en grupo puede ayudar a mantener factores de depreciación del lumen de la lámpara más altos.

En algunos casos, puede ser necesario educar al propietario o al operador de la instalación sobre la importancia de las buenas prácticas de mantenimiento y el impacto que estas prácticas tienen en la potencia de iluminación instalada y los costos iniciales y operativos asociados.

17.3 ACTUALIZACIONES DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Dado que las nuevas tecnologías de iluminación han mejorado significativamente la eficiencia energética de los sistemas de iluminación en los últimos años y que los requisitos de iluminación en algunos espacios requieren menos iluminancia para las tareas modernas que cuando se instalaron los sistemas de iluminación más antiguos, se pueden lograr reducciones significativas en la energía de iluminación en edificios que tengan más de 20 años. Las modificaciones a un sistema de iluminación incluyen toda la gama, desde simples reemplazos de componentes (una lámpara o un balasto) hasta un rediseño completo del sistema de iluminación (lo que a menudo se denomina reiluminación). Este proceso normalmente comienza con una auditoría energética que revisa los sistemas existentes y su consumo de energía. Las facturas de servicios públicos pueden confirmar el uso general de energía del edificio; sin embargo, los datos de estos registros incluyen una cantidad significativa de equipos no relacionados con la iluminación. Los datos energéticos previos y posteriores a la actualización de los alimentadores y circuitos derivados se pueden utilizar para evaluar el nivel real logrado de ahorro de energía en iluminación.

Las modernizaciones simples pueden incluir cambios en lámparas, balastos, materiales ópticos, nuevas luminarias y la adición de nuevos controles de iluminación. En una modernización simple, el diseñador debe verificar que el diseño del sistema existente proporcione suficiente calidad de iluminación para el espacio y sus tareas cuando se equipa con los nuevos componentes. Consulte la Tabla de determinación de iluminancia en el capítulo respectivo del Manual para obtener recomendaciones de iluminancia y las discusiones en los capítulos de aplicación y diseño de iluminación general de este Manual (Capítulo 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, Capítulo 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA y Capítulo 16 | ILUMINACIÓN CONTROLES) para criterios y consideraciones adicionales sobre la calidad de la iluminación.

Si un sistema existente proporciona una iluminancia en el plano de trabajo superior a la requerida por los estándares actuales, se pueden lograr ahorros de energía en iluminación reduciendo la iluminancia. Esto se puede lograr mediante el uso de lámparas, balastos o luminarias que reduzcan tanto la potencia de entrada como la salida de luz, siempre que la calidad de la iluminación (incluido el confort visual, la uniformidad y otras medidas) no se vea afectada negativamente.

En algunos casos, las lámparas con salida de lúmenes reducida o balastos con factores de balasto bajos son una solución sencilla y rentable. Sin embargo, algunas lámparas de bajo consumo son incompatibles con los equipos de atenuación, lo que puede limitar las opciones disponibles.

Al considerar una mejora del sistema de iluminación, es útil clasificar los objetivos generales de un proyecto. Los objetivos generales a considerar generalmente se relacionarán con uno de los siguientes.

- Eficiencia Energética
- Equipos de Iluminación y Costos de Mantenimiento
- Calidad de la Iluminación
- Apariencia

La modernización de un sistema de iluminación existente de mala calidad debería mejorar tanto su calidad de iluminación como su eficiencia energética. Por lo tanto, es importante estudiar el rendimiento energético, la calidad de la iluminación y los costos operativos de los sistemas existentes, seguido de un análisis similar para cada una de las opciones de modernización que se están considerando. Un análisis económico puede determinar el período de recuperación de la inversión en modernizaciones de iluminación en función de los costos de modernización asociados y los ahorros resultantes en energía y mantenimiento de iluminación. También pueden estar disponibles reembolsos de servicios públicos o incentivos fiscales para compensar una parte de los costos asociados con mejoras específicas de eficiencia energética.

Las empresas de servicios de iluminación y los contratistas de rendimiento ofrecen financiación para muchos tipos de proyectos de modernización. Los contratos típicos requieren que el propietario pague el costo de la modernización como un porcentaje del ahorro en el costo de energía. De esta manera, las modernizaciones se pueden aplicar sin aumentar el desembolso anual.

Underwriters Laboratories (UL) certifica la seguridad de los productos y sistemas cuando se utilizan según las indicaciones del fabricante. La mayoría de las luminarias tienen una certificación UL para su uso con un tipo y potencia de lámpara específicos. Kits de modernización de iluminación que contienen múltiples componentes también pueden tener certificación UL. Cuando una modernización implica un cambio en el tipo de lámpara, las lámparas con balasto propio, como una lámpara de reemplazo CFL o LED PAR, por ejemplo, se pueden aplicar como reemplazo directo de una lámpara de filamento, siempre que la potencia de la lámpara de modernización no exceda la potencia la lámpara de filamento indicada en la luminaria y siempre que dicho uso no esté prohibido mediante marcas en la lámpara (como una etiqueta que indique que una lámpara no debe usarse en una luminaria cerrada) [15].

IESH/10e RECURSOS de FUENTES Y BALASTOS

> 7 | FUENTES DE LUZ: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

IESH/10e SISTEMA DE ILUMINACIÓN ECONOMÍA RECURSOS

> 18 | ECONOMÍAS

Aunque se puede permitir el uso de una lámpara dentro de una luminaria en particular, la certificación UL sólo indica que no es probable que se cree una aplicación insegura. Las fuentes CFL y LED podrían estar sujetas a una producción de luz reducida y a un desgaste prematuro si las lámparas y otros componentes internos se exponen a un calor excesivo, lo que puede ocurrir cuando se usan dentro de luminarias empotradas o cerradas. Es posible que sean necesarias pruebas térmicas para validar que las condiciones de funcionamiento estén dentro de las recomendadas para una lámpara en particular. Consulte con el fabricante de la luminaria, el fabricante de la lámpara, balasto, controlador o transformador y el fabricante de los controles para confirmar la idoneidad de cualquier modernización planificada. En las secciones siguientes, se analizan diferentes opciones de modernización para lámparas, balastos, luminarias y sistemas de control de iluminación. Estos se resumen en la Tabla 17.2. Para una cobertura más amplia de temas de modernización, consulte IESNA LEM-3, Directrices para actualizar sistemas de iluminación en espacios comerciales e institucionales [16].

RECURSOS DE FUENTES Y BALASTOS DEL IESH/10e

> 7.2 Lámparas de Filamento

> 7.3 Fluorescentes

17.3.1 LÁMPARAS

En los sistemas existentes, una modernización de lámparas puede ahorrar energía significativa y al mismo tiempo ofrecer una calidad de iluminación similar o superior. Una modernización común es la sustitución de lámparas de filamento A por una lámpara LED o fluorescente compacta de rosca equivalente. La legislación federal que prohíbe determinadas lámparas de incandescencia para 2012 aumentará significativamente esta actividad. Las CFL proporcionan luz con una eficacia aproximadamente cuatro veces mayor que las lámparas de incandescencia, pero un reemplazo de las CFL puede no ser apropiado debido a los cambios resultantes en el rendimiento del sistema. Por ejemplo, un sistema óptico de luminarias existente está diseñado para funcionar con el tamaño y la forma de la lámpara A. Si la CFL con base de rosca de reemplazo es de diferente tamaño o forma, se produce una reducción en la eficiencia óptica de la luminaria, disminuyendo los lúmenes emitidos y cambiando la distribución fotométrica de la luminaria (donde la luminaria envía luz). Estos cambios pueden no sólo afectar la cantidad de luz entregada a una tarea, sino también la uniformidad de esta luz, además de la apariencia de la luminaria y del espacio. Se pueden realizar pruebas en una maqueta utilizando una sola luminaria o un grupo de luminarias dentro de un espacio para evaluar los impactos de una lámpara alternativa en la distribución de una luminaria tomando medidas en múltiples puntos debajo de una luminaria. Al probar una sola luminaria, se pueden quitar las lámparas de las luminarias vecinas o se pueden realizar mediciones con la luminaria de prueba encendida y apagada para aislar su contribución. Las mediciones comparativas deben realizarse con lámparas nuevas de cada tipo, para no sesgar las lecturas hacia una lámpara modernizada al probarla con una lámpara vieja con una salida de lúmenes depreciada. Al comparar una lámpara existente con una lámpara modernizada, es importante evaluar también la apariencia de la luminaria, ya que pueden ocurrir diferencias en la luminancia de la luminaria, el deslumbramiento directo y la visibilidad de la fuente en diferentes ángulos de visión. Si la luminaria está adyacente a una pared, también se debe evaluar el patrón de distribución producido en la pared. Las pruebas de sistemas fluorescentes y HID deben permitir que la lámpara se sebe primero durante 100 horas y tanto las fuentes de descarga como el equipo LED deben alcanzar el equilibrio térmico dentro de la luminaria antes de realizar cualquier medición, ya que la potencia de la lámpara para estas fuentes puede variar con la temperatura. Cuando se utilizan CFL en luminarias cerradas, las lámparas de amalgama pueden limitar los efectos de la temperatura en la salida de lúmenes. Cuando los sistemas existentes utilizan lámparas de filamento en un sistema de atenuación, las lámparas de reemplazo deben ser compatibles con el equipo de atenuación. Algunas CFL están etiquetadas como compatibles con sistemas de atenuación de lámparas de filamento; sin embargo, se

debe contactar a los fabricantes de equipos de atenuación con respecto a la compatibilidad de estas lámparas con el equipo de atenuación, ya que el uso de estas lámparas puede anular las garantías del producto.

En el caso de las lámparas reflectoras de filamento, las opciones de modernización de lámparas incluyen fuentes halógenas IR, halogenuros metálicos con balasto propio y fuentes LED. También se encuentran disponibles algunas lámparas reflectoras CFL, pero es probable que proporcionen haces muy amplios que pueden alterar significativamente el rendimiento de la luminaria. Se deben realizar pruebas para evaluar el rendimiento de las lámparas modernizadas y la apariencia de las luminarias. Una modernización común para sistemas fluorescentes lineales más antiguos es convertir las lámparas T12 a versiones T8, lo que también requiere el reemplazo del balasto. En la mayoría de los sistemas, las lámparas T12 utilizadas son una versión de 34 W alimentadas por balastos magnéticos que tienen elevadas pérdidas internas. Una conversión a lámparas T8 con balastos electrónicos ofrece importantes ahorros de energía, relativamente en la recuperación de la inversión corta y calidad de color mejorada. En espacios que están sobre iluminados en relación con los estándares actuales, se pueden aplicar factores de balasto más bajos o se puede reducir el número de lámparas (lo que requiere volver a cablear la luminaria) para ofrecer valores de iluminancia apropiados en el plano de trabajo. Si se reduce el número de lámparas, esta modificación no debería degradar la apariencia o distribución de la luminaria. Con los troffers (luminarias tipo fluorescente empotradas en los cielosrrasos) parabólicos, un cambio en la posición de la lámpara alterará el ángulo de protección de la lámpara y la distribución de potencia de las luminarias y ambos deben evaluarse antes de comprometerse con dicha modernización.

17.3.2 BALASTOS

Además de una mayor eficiencia, la conversión de balastos magnéticos fluorescentes a balastos electrónicos mejora la calidad del sistema de iluminación a través del funcionamiento de la lámpara de alta frecuencia, un mejor rendimiento acústico y la reducción del calor dentro de la luminaria. El Programa de Balastos Electrónicos Premium de NEMA identifica los balastos T8 de mayor eficiencia energética, tanto para balastos convencionales como regulables [17]. Los sistemas de halogenuros metálicos estándar se pueden convertir en lámparas y balastos de encendido por impulsos para ofrecer una mejor calidad de iluminación y eficiencia energética. Estas lámparas modernizadas ofrecen una vida útil más larga y un mayor mantenimiento de lúmenes que pueden disminuir los costos de mantenimiento y generar ahorros de energía. Una modernización que aplique lámparas de halogenuros metálicos cerámicos brindará beneficios similares con una calidad de color mejorada. Las opciones adicionales para sistemas fluorescentes y HID incluyen la conversión a balastos escalonados para permitir que las lámparas funcionen a niveles de salida más bajos siempre que sea posible. También se encuentran disponibles balastos de deslastre de carga que brindan niveles de salida reducidos (66% de la salida total) con control a través de una señal de línea eléctrica. Al analizar los posibles ahorros de energía, se recomienda realizar mediciones de potencia en los circuitos existentes, ya que las altas temperaturas internas de las luminarias generadas por balastos magnéticos estándar pueden hacer que las lámparas fluorescentes funcionen en condiciones de temperatura inferiores a las óptimas. Esto dará como resultado una potencia de entrada del balasto inferior a los datos del catálogo. Cuando se aplica un balasto electrónico en una modernización, el calor del balasto se reduce significativamente y es probable que el sistema funcione más cerca de los vatios de entrada nominales del fabricante del balasto. El resultado neto es que tanto el ahorro de energía como el de potencia pueden no ser tan grandes como lo indican los datos del catálogo del fabricante.

Cuadro 17.2 | Opciones de Actualización del Sistema de Iluminación y Modernización de Eficiencia Energética

Lámparas Existentes	Opciones al Reemplazo de la Lámpara
Filamento- Rosca Mediana o Base tipo Candelabro	• CFL con base y forma de lámpara similares • Lámpara de repuesto LED
Filamento-Reflector	• Reflector halógeno IR • Reflector de halogenuros metálicos con balastro integral • Reflector CFL (para muy pocas aplicaciones de gran angular) • Lámpara reflectora de inducción (para muy pocas aplicaciones de gran angular) • LED PAR o MR
T12 Fluorescente T8 Fluorescente Lámparas Fluorescentes en Congeladores	• T8 con balasto electrónico • T8 de menor potencia si es aceptable una salida de lúmenes reducida • Kit de actualización de LED
Mercurio Sodio de Alta Presión (HPS) Haluro Metálico Estándar (MH)	• Actualización de lámpara y balasto a arranque por sonda o MH cerámico • Modernización de lámpara de inducción
MH- Iluminación de Calles/Área HPS- Iluminación Calles/Área Neón- Iluinación de Señalética	• Kit de actualización de LED con rendimiento adecuado
Balastos Existentes	**Opciones al Reemplazo del Balasto**
Balastos Magnéticos para Fluorescentes	• Balasto electrónico con BF para brindar la iluminación requerida para la tarea. • Balasto con atenuación o atenuación escalonada con controles apropiados.
Balastos Magnéticos para MH	• Balastos electrónicos MH (potencias limitadas)
Luminarias Existentes	**Opciones a la Modernización de la Luminaria**
Filamento	• Luminaria CFL o LED de bajo consumo con rendimiento adecuado
Fluorescentes ineales Comercial o Industrial	• Modernización de componentes ópticos: lente, reflector o rejilla. • Reducción del número de lámparas.
Cualquier Luminaria con Baja Eficiencia o Rendimiento Degradado	• Reemplazo energéticamente eficiente que ofrece una distribución y una calidad de iluminación adecuadas.
MH - Industrial	• Reemplazar con luminaria industrial CFL, T8 o T5 HO y considerar la conmutación multinivel
Controles Existentes	**Actualización de los Sistemas de Control**
Conmutación Estándar o Relés	• Sensores de ocupación • Controles de niveles múltiples para balastos escalonados • Atenuación con controles personales o de pared • Fotosensores en zonas con iluminación natural • Reemplazar con balastos y controles digitales para permitir la rezonificación y la atenuación

RECURSOS DE BALASTOS IESH/10e

> 7.3.6.5 Balastos (fluorescentes)

> 7.4.3 Balastos (HID)

17.3.3 LUMINARIAS

Las opciones de modernización para algunos tipos de luminarias incluyen la inserción de reflectores especulares o difusos de alta reflectancia para mejorar la eficiencia óptica de la luminaria. Estos reflectores pueden alterar la distribución fotométrica de la luminaria. Una nueva lente, un sistema de persianas parabólicas o una combinación moderna de lente/reflector son opciones para luminarias fluorescentes con lentes. Las modernizaciones que implican cambios en los componentes ópticos de una luminaria a menudo se combinan con modernizaciones de lámparas/balastos, que pueden incluir una reducción en el número de lámparas utilizadas dentro de una luminaria. La evaluación de estas opciones de modernización debe considerar cómo los cambios en la distribución óptica influyen tanto en la calidad de la iluminación como en la iluminancia de la tarea, así como en la superficie de la habitación y la apariencia de las luminarias. Cualquier medición del sistema existente debe abordar el rendimiento del sistema cuando se opera con lámparas nuevas y superficies de luminarias limpias. En algunos casos, la mejor opción de modernización implica cambiar toda la luminaria, pero conservando las ubicaciones de montaje existentes (consulte la Figura 17.5). Esto puede ser necesario porque no hay opciones de iluminación alternativas disponibles, los materiales de las luminarias se han degradado con el tiempo o porque el rendimiento del sistema es inaceptable con la luminaria existente y podría mejorarse con una luminaria diferente. En otros casos, un rediseño que implique una distribución de luminarias modificada puede ser la mejor opción para reducir la energía y lograr la calidad de iluminación deseada para la tarea y las condiciones del espacio. Es posible que sea necesario realizar trabajos de infraestructura para lograr una suspensión o un soporte del cielorraso adecuados. Cualquier rediseño debe considerar opciones alternativas de circuito y control de luminarias que proporcionen ahorros de energía adicionales. En algunas situaciones, puede ser necesaria una actualización completa del sistema de iluminación para cumplir con los códigos de energía existentes.

RECURSOS DE LUMINARIAS IESH/10e

> 8 | LUMINARIAS: FORMAS Y ÓPTICAS



FIGURA 17.5 | EJEMPLO DE MODERNIZACIÓN DE LUMINARIAS INDUSTRIALES

Las luminarias HID (izquierda) se modernizaron con luminarias fluorescentes T5 de 6 lámparas (derecha) en esta aplicación industrial, ahorrando cerca del 50 % de la energía y aproximadamente $120.000 por año. El nuevo sistema proporcionó una iluminancia ligeramente mayor, una reproducción cromática mejorada y un mayor mantenimiento de lúmenes con un período de recuperación de aproximadamente dos años. » Imágenes cortesía de General Electric Co.

17.3.4 CONTROLES DE ILUMINACIÓN

Cualquier modernización debe considerar mejoras en los controles de iluminación para ahorrar energía adicional. Los controles existentes pueden implicar un simple control manual en interruptores de pared o dispositivos de relé y reloj temporizador que controlan grandes bloques de iluminación al mismo tiempo. En oficinas privadas, las opciones de modernización incluyen reemplazar los interruptores de pared estándar con sensores de ocupación de interruptores de pared. En espacios más grandes, los sensores de ocupación se pueden montar en el cielorraso o en lo alto de una pared. Estos dispositivos suelen estar conectados a una fuente de alimentación que contiene un relé para controlar el circuito de iluminación. También se encuentran disponibles sensores de ocupación inalámbricos que funcionan con baterías para eliminar la necesidad de tender cables hasta los sensores. Los sensores de ocupación tienen el potencial de ahorrar energía significativa (20-40% o más) en oficinas privadas y en una variedad de espacios compartidos como salas de conferencias, aulas, baños, áreas de descanso, áreas de oficinas abiertas y otros. El nivel de ahorro logrado depende de los hábitos de los usuarios del espacio. Las opciones de control adicionales incluyen la aplicación de control automático de iluminación en áreas con iluminación natural utilizando balastos de atenuación o control de encendido/apagado. Estos sistemas requieren la instalación de fotosensores, que están disponibles en configuraciones cableadas e inalámbricas y normalmente se instalan en el ccielorraso. La disposición de la zona de iluminación controlada y la calibración del sistema son fundamentales para establecer una respuesta de control de iluminación adecuada a los niveles de luz natural y para maximizar el ahorro de energía dentro de un espacio. Los sistemas de control digital, como DALI, permiten que la zona de iluminación controlada sea independiente de cómo están los circuitos de las luminarias, lo que puede resultar valioso en aplicaciones de modernización. Una modernización de un sistema de control DALI requiere el reemplazo del balasto, así como la conexión de cables de control adicionales a cada balasto del sistema. Al considerar una modernización que incluya sensores de ocupación, los registradores de datos económicos permiten estudiar las condiciones operativas del sistema de iluminación y ocupación dentro de un espacio durante un período prolongado (días o semanas) para evaluar los posibles ahorros de energía. Ver Figura 17.6. Estos registradores se montan en las paredes o el cielorraso y registran los

cambios tanto en la ocupación como en el estado de encendido/apagado del sistema de iluminación para su posterior análisis. El software registrador que analiza estos datos proporciona perfiles diarios de ocupación y operación del sistema de iluminación que se pueden usar para determinar la cantidad de horas que el espacio está desocupado con el sistema de iluminación en funcionamiento y los ahorros de energía anuales que probablemente se lograrán cuando los sensores de ocupación estén instalados en el espacio. Consulte la Figura 17.7 para ver un informe de ejemplo.

RECURSOS DE CONTROLES DE ILUMINACIÓN IESH/10e

> 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN

> 16.3.4 Sensores de Ocupación/Vacancia

> 16.3.5 Fotosensores

> 16.5 Protocolos de Control



FIGURA 17.6 | EJEMPLOS DE REGISTRADORES PARA DETECCIÓN DE LUZ Y OCUPACIÓN

Estos registradores registran cambios con marca de tiempo tanto en las condiciones de iluminación como en la ocupación del espacio en espacios existentes para el análisis de posibles ahorros de energía mediante la adición de sensores de ocupación. » Imagen izquierda ©Wattstopper » Imagen derecha ©Sensor Switch

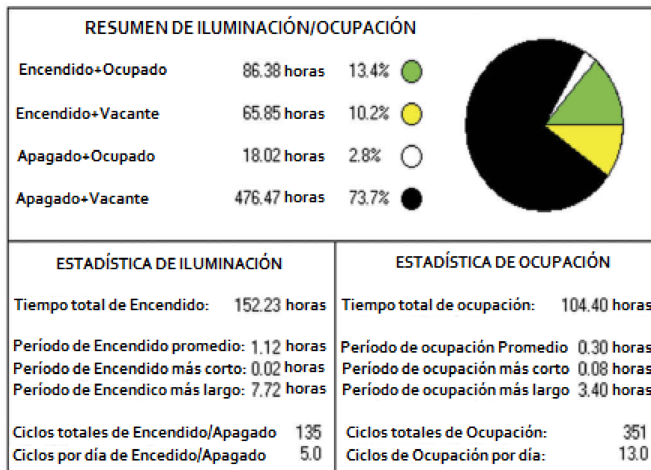
Para lograr ahorros de energía, es fundamental que los dispositivos de control se pongan en marcha, calibren y mantengan adecuadamente en un modo que optimice el ahorro de energía. En muchos espacios, la iluminación sólo es necesaria cuando un espacio está ocupado y en el caso de espacios con iluminación natural, cuando los niveles de luz natural son insuficientes para las tareas espaciales. El control del reloj debe configurarse para adaptarse a la ocupación del espacio, que puede cambiar según la temporada. El personal de mantenimiento de los edificios debe realizar controles de seguimiento periódicos para evaluar el rendimiento del sistema.

La ubicación en cuestión fue monitoreada desde el jueves 25 de octubre de 2007 a las 3:50:00 p. m. hasta el miércoles 21 de noviembre de 2007 a las 2:33:00 p. m. mediante el número de serie InteliTimer Pro RP0102C. Del tiempo total transcurrido (646,72 horas), la iluminación permaneció encendida con el lugar monitoreado vacío el 10,18% del tiempo.

Según estas mediciones, la instalación de controles de iluminación controlados por ocupación en esta ubicación ahorraría aproximadamente 892,0 horas de encendido al año. Suponiendo un costo de energía de $0,08 por kWhora y un ahorro adicional del 10 % debido a la reducción de los requisitos de calefacción y refrigeración, el ahorro potencial anual con una carga controlada de 1000 vatios es:

Electricidad ahorrada: $71,36
Costos reducidos de calefacción/refrigeración: $7,14
Ahorro total: $78,49

Es posible obtener ahorros adicionales mediante reducciones en la carga de iluminación durante las horas de mayor demanda.



RESUMEN DE ILUMINACIÓN/OCUPACIÓN

Encendido+Ocupado	86.38 horas	13.4%
Encendido+Vacante	65.85 horas	10.2%
Apagado+Ocupado	18.02 horas	2.8%
Apagado+Vacante	476.47 horas	73.7%

ESTADÍSTICA DE ILUMINACIÓN		ESTADÍSTICA DE OCUPACIÓN	
Tiempo total de Encendido:	152.23 horas	Tiempo total de ocupación:	104.40 horas
Período de Encendido promedio:	1.12 horas	Período de ocupación Promedio	0.30 horas
Período de Encendido más corto:	0.02 horas	Período de ocupación más corto	0.08 horas
Período de Encendico más largo:	7.72 horas	Período de ocupación más largo	3.40 horas
Ciclos totales de Encendido/Apagado	135	Ciclos totales de Ocupación:	351
Ciclos por día de Encedido/Apagado	5.0	Ciclos de Ocupación por día:	13.0

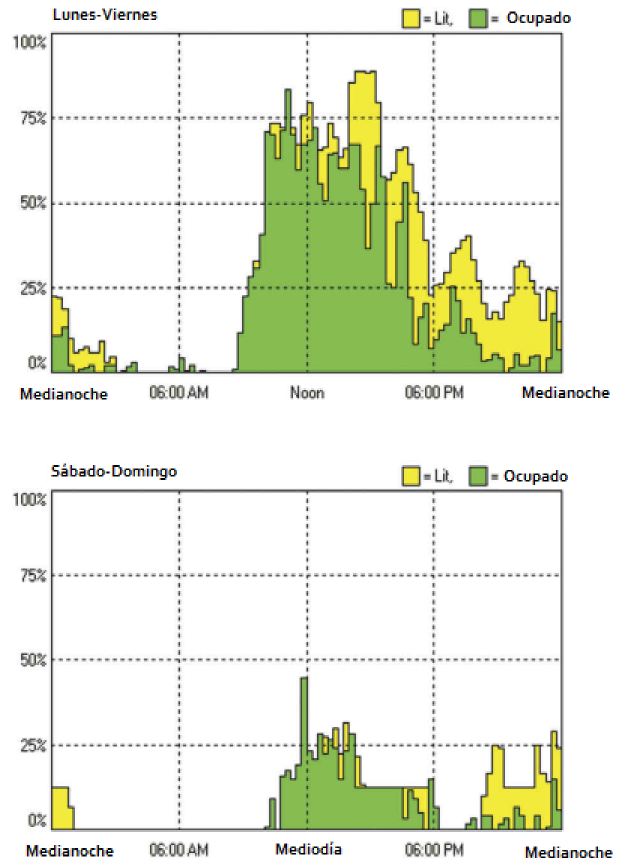


FIGURA 17.7 | EJEMPLO DE SALIDA DEL REGISTRADOR DE LUZ Y OCUPACIÓN

Los resultados de un registrador de luz instalado en un aula universitaria durante aproximadamente cuatro semanas ilustran las oportunidades de ahorro con el control del sensor de vacancia en este espacio. Las regiones amarillas en los gráficos representan el tiempo en que los sistemas de iluminación están funcionando y el espacio está vacío. Los ahorros de costos enumerados son por kilovatio de carga conectada.

17.3.5 MEJORAS A LA SEÑALÉTICA DE SALIDA

Las señales de salida más antiguas brindan oportunidades significativas para ahorrar energía y reducir el mantenimiento mediante el reemplazo de lámparas o señales completas. Las largas horas de funcionamiento (normalmente 24 horas al día) proporcionan importantes ahorros de costes con fuentes de potencia reducida. Los ahorros en los costos de mantenimiento por sí solos pueden proporcionar períodos de recuperación cortos debido a la mayor vida útil de las lámparas modernizadas. Al considerar una actualización de la señal de salida, es importante investigar los problemas de código relacionados con el reemplazo del código fuente. La visibilidad de las señales es fundamental y se basa en la uniformidad y luminosidad de las letras de las señales. La Figura 17.8 ilustra una modernización de una señal de salida que ofrece una uniformidad deficiente. Todos los tipos de señales de salida antiguas son candidatos potenciales para modernizaciones o actualizaciones y la mayoría de las opciones de reemplazo aplican fuentes SSL. Consulte la Figura 17.9 para ver un tipo de lámpara de reemplazo de señal de salida. Las señales de salida SSL utilizan aproximadamente el 40% de la energía de las señales CFL y el 15% o menos de la energía de las señales que funcionan con lámparas de incandescencia [18]. La vida útil de la fuente SSL también está en el rango de 35.000 a 50.000 horas, por lo que los costos de mantenimiento deberían ser mínimos y se mejorará la seguridad del edificio. La presencia de baterías internas para

suministrar energía de emergencia o iluminación integral para iluminar una vía de salida puede limitar las opciones de modernización que cumplen con las disposiciones del código.

17.3.6 ELIMINACIÓN

La eliminación de equipos de iluminación viejos puede requerir una consideración especial. Ciertas lámparas y balastos deben tratarse como desechos peligrosos, como los balastos fluorescentes anteriores a 1979 que contienen PCB y las lámparas con soldadura de mercurio o plomo (que incluyen fluorescentes, MH y HPS). Consulte las reglamentaciones federales, estatales y locales sobre la eliminación adecuada de lámparas y balastos. Muchas de estas lámparas se pueden reciclar. En caso de sustitución de luminarias, se deberán reciclar las piezas de aluminio y acero.



FIGURA 17.8 | SEÑAL DE SALIDA LED DE BAJA CALIDAD

Los LED son claramente visibles en esta señal de salida LED de retroadaptación. Se necesita una capa de transmisión más difusa para proporcionar una luminancia más uniforme en cada una de las letras.



FIGURA 17.9 | KITS DE MODERNIZACIÓN DE SEÑALES DE SALIDA LED

Los LED rojos, verdes y blancos están disponibles en lámparas con base de rosca para señales de salida de paneles luminosos. Es posible que se requiera la aprobación de la oficina del código local. » Imagen ©TCP, Inc.

RECURSOS DE ELIMINACIÓN Y RECICLAJE DE LÁMPARAS IESH/10e

> 7.3.6 Funcionamiento y Otras Características (fluorescentes)

> 7.4.8.10 Características de Funcionamiento/Eliminación y Reciclaje (haluro metálico)

RECURSOS DEL FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTO IESH/10e

> Tabla 7.5 | Estándares Estadounidenses y Canadienses para el Factor de Eficacia del Balasto

17.4 CÓDIGOS, REGULACIONES Y ESTÁNDARES DE EFICIENCIA DE ILUMINACIÓN

Los estándares y códigos de eficiencia de iluminación están diseñados para garantizar que se instalen sistemas de iluminación energéticamente eficientes en los edificios. La legislación sobre la eficiencia de los sistemas de iluminación generalmente se divide en dos formas: regulación de equipos y normas de aplicación.

La regulación de equipos ocurre cuando los gobiernos a nivel nacional, estatal o provincial promulgan regulaciones que prohíben la venta o el uso de ciertos tipos de equipos de iluminación. Las regulaciones de diseño de edificios aplican estándares de aplicación, limitando la potencia de iluminación instalada, imponiendo límites a las distribuciones de luminarias (como requerir luminarias exteriores con corte total para ciertas potencias y aplicaciones) o exigiendo equipos de control de iluminación específicos para reducir el tiempo de operación y minimizar el consumo de energía de iluminación. El objetivo de un diseñador es cumplir o superar los requisitos de los códigos o estándares aplicables sin comprometer la calidad del diseño de iluminación.

17.4.1 ESTÁNDARES/CÓDIGOS DE APLICACIONES

Los códigos y estándares de energía de iluminación prescriben técnicas de diseño conscientes de la energía, pero no prescriben el uso de tecnologías específicas. La selección de equipos que satisfagan los requisitos de espacio y tareas de manera rentable y energéticamente eficiente es responsabilidad del diseñador de iluminación. Los modelos de costos del ciclo de vida pueden justificar los méritos económicos de una mayor eficiencia de los equipos.

El propósito de estos códigos y normas es:

• Establecer requisitos mínimos para el diseño energéticamente eficiente de nuevos edificios para que puedan ser construidos, operados y mantenidos de una manera que minimice el uso de energía sin limitar la función del edificio o la comodidad y productividad de los ocupantes.

• Proporcionar criterios para el diseño energéticamente eficiente y métodos para determinar el cumplimiento de estos criterios.

• Orientar el diseño energéticamente eficiente. En Canadá, cada provincia tiene su propio código de construcción que incluye disposiciones sobre energía de iluminación. El código modelo nacional, el Código Modelo Nacional de Energía de Canadá para Edificios (MNECB) [19], ha sido adoptado en su totalidad sólo por unos pocos lugares [20]. En México, la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE) ha desarrollado normas energéticas para edificios que incluyen la NOM-007-ENER-2004: Eficiencia energética para sistemas de iluminación en edificios no residenciales [21]. Al momento de esta publicación, la mayoría de los estados de EE. UU. han adoptado el Código Internacional de Conservación de Energía (IECC) del Consejo Internacional de Códigos o el ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1, Estándar de energía para edificios excepto edificios residenciales de poca altura. El Código IECC de 2009 permite que los edificios cumplan con el estándar 90.1. La Ley

Estadounidense de Recuperación y Reinversión de 2009 [22] estableció la norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007 como un requisito mínimo en los códigos de energía estatales para que un estado reciba subvenciones federales de asistencia energética. Los estados también deben cumplir con las futuras publicaciones de este código, luego de la confirmación por parte del Departamento de Energía de EE. UU. de que la versión actualizada mejora la eficiencia energética de los edificios. En la Norma 90.1, los requisitos básicos de iluminación incluyen criterios mínimos para los controles de iluminación, así como límites de potencia para la iluminación interior y exterior de los edificios. Para la potencia de iluminación interior, la Norma ofrece una opción de tres métodos de cumplimiento: un presupuesto de costos de energía (ECB), una ruta prescriptiva basada en el tipo de edificio (Método del área de construcción) y una ruta prescriptiva basada en los espacios dentro de un edificio y su área (Método Espacio por Espacio).

El método del BCE es el método más amplio y complejo para evaluar el cumplimiento. Se utiliza un modelo energético de todo el edificio para predecir el uso de energía y debe igualar o superar el de un edificio diseñado utilizando el enfoque prescriptivo. Permite al diseñador intercambiar energía de iluminación con otros sistemas energéticos (como el sistema HVAC). Aunque el método es flexible, requiere herramientas de análisis sofisticadas y puede llevar mucho tiempo. El método del área del edificio aborda la necesidad de un proceso rápido y simple para calcular la asignación de potencia de iluminación interior (ILPA) para tipos de edificios o áreas seleccionadas dentro de un edificio. Este método no aborda los requisitos únicos del proyecto y está destinado principalmente a tipos de edificios genéricos, edificios centrales y envolventes o para su uso durante la fase de diseño preliminar. El ILPA se calcula seleccionando la densidad de potencia de iluminación para el tipo de edificio respectivo de una tabla en el estándar, luego multiplicándola por el área bruta del edificio representada por ese tipo de edificio. Se pueden asignar diferentes secciones de un edificio a diferentes tipos de edificios.

El método espacio por espacio proporciona un procedimiento de cálculo detallado para determinar el ILPA. El ILPA se suma habitación por habitación y es específica para cada tarea. Las densidades de potencia de iluminación para una variedad de tipos de espacios se enumeran en una tabla. El ILPA del edificio es la suma de las asignaciones de potencia de iluminación individuales de cada uno de sus espacios. En todos los casos, no es necesario si un solo espacio no cumpla con su asignación, pero la potencia de iluminación total utilizada en un edificio no debe exceder el ILPA total del edificio. De manera similar, la asignación de potencia de iluminación exterior es la suma de las asignaciones de potencia de iluminación individuales para una variedad de aplicaciones/áreas exteriores, algunas de las cuales pueden intercambiarse entre aplicaciones. El enfoque IECC es similar al estándar 90.1, excepto que sólo enumera un método de área de construcción para determinar la potencia permitida de iluminación interior. Las versiones futuras pueden incluir un método espacio por espacio.

17.4.2 REGULACIONES DE EQUIPOS

Tanto en Estados Unidos como en Canadá, el gobierno ha desempeñado un papel importante en la reducción de energía de iluminación en los últimos años al intentar reducir el consumo de energía de iluminación a través de regulaciones más estrictas sobre los componentes del sistema de iluminación. Las principales instituciones responsables de estos estándares nacionales son el Departamento de Energía de EE. UU. (DOE) y Recursos Naturales de Canadá (NRCan). Los estándares son relativamente similares en estos dos países, de modo que (1) los productos de menor eficiencia no se desechan de un país con regulaciones a otro sin ellas, (2) los fabricantes pueden diseñar productos de acuerdo con un estándar en lugar de varios y (3) la carga regulatoria se reduce.

17.4.2.1 REGULACIONES DE EE. UU.

Durante los últimos 20 años, varias leyes han exigido el uso de componentes de iluminación eficientes (lámparas y balastos): las Enmiendas Nacionales de Conservación de Energía de Electrodomésticos de 1988 (NAECA) [23], las Leyes de Política Energética de 1992 y 2005 (EPACT) [24] [25], y la Ley de Seguridad e Independencia Energética de 2007 (EISA

2007) [26]. La legislación EPACT y EISA han exigido estándares de eficiencia energética para varias lámparas comunes utilizadas en los Estados Unidos, como R, PAR y ciertas lámparas fluorescentes. A partir del 1 de julio de 2010, casi todos los balastos fluorescentes que se fabrican para lámparas T12 en los EE. UU., incluidos los balastos de repuesto, con excepción de algunas versiones con atenuación y baja temperatura, deben ser electrónicos. Este es el resultado de los valores mínimos de BEF establecidos por el DOE. Por este motivo, es posible que las lámparas y balastos que se encuentran en los sistemas de iluminación más antiguos ya no estén disponibles y deban reemplazarse por modelos de alta eficiencia. EISA 2007 prohibió efectivamente muchas de las formas estándar de lámparas de incandescencia al instituir estándares mínimos de rendimiento para estas lámparas que cubren la potencia, la producción de lúmenes y la vida útil. Estas regulaciones eliminarán gradualmente las lámparas que no cumplan con ellas entre 2012 y 2014. EISA 2007 también agregó una serie de lámparas reflectoras diferentes (lámparas BR, ER y R de potencia y tamaño específicos) a los requisitos de eficiencia inicialmente prescritos en EPACT 1992. Estas lámparas estaban anteriormente exentas de estas regulaciones. EPACT 1992 pidió un programa nacional voluntario de pruebas e información para luminarias ampliamente utilizadas que ofrecen el potencial de ahorros significativos de energía. Como resultado, la métrica LER fue desarrollada por la National Lighting Collaborative, que estaba compuesta por NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos), la American Lighting Association (ALA) y otras organizaciones interesadas que representan a diseñadores de iluminación, defensores de la eficiencia energética, investigación, gobierno y servicios eléctricos. LER fue reemplazado recientemente por TER (ver 17.2.2 Equipos de iluminación eléctrica).

17.4.2.2 ESTÁNDARES CANADIENSES

Natural Resources Canada tiene poderes regulatorios bajo la Ley de Eficiencia Energética de 1992 [27] y las primeras Regulaciones de Eficiencia Energética se publicaron en 1994 [28]. Las normas federales no tienen prioridad sobre las normas provinciales, a diferencia de los Estados Unidos, donde las normas federales tienen prioridad sobre las normas estatales sobre un producto específico. Las normas nacionales se aplican a los productos importados a Canadá o enviados entre provincias. Las provincias pueden optar por adoptar estas normas para los productos vendidos dentro de sus fronteras. Las regulaciones canadienses sobre lámparas son similares a las normas EPACT de EE. UU. para reflectores de filamento y lámparas fluorescentes lineales. Estos estándares entraron en vigor en 1996. La regulación y eliminación gradual de las lámparas de filamento en Canadá es más estricta que las regulaciones de los EE. UU. y eliminará la venta de algunas lámparas dos años antes de lo que ocurre en los EE. UU. [29]

17.4.2.3 ESTÁNDARES MEXICANOS

Se desarrollan los estándares de eficiencia energética de México por la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización. Las normas de eficiencia energética son responsabilidad de la Secretaría de Energía, a través de su Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). Muchas de las normas de México son voluntarias, excepto su estándar CFL, que enumera las eficacias mínimas [30]. El país también cuenta con un sello voluntario de aval de eficiencia energética otorgado por el Fidelcomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). México cuenta con estándares de iluminación para edificios comerciales así como para iluminación exterior.

17.4.3 PROGRAMAS GUBERNAMENTALES NO REGULADOS

Las agencias gubernamentales también promueven la eficiencia y la conservación de la energía a través de programas voluntarios. El Programa de Construcción Energy Star administrado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE.

UU. es una iniciativa de construcción integral que fomenta el uso de tecnologías energéticamente eficientes para todos los principales sistemas de construcción, incluida la iluminación. Se firma un acuerdo de asociación entre un fabricante de luminarias, la EPA y el Departamento de Energía de EE. UU. (DOE). La EPA y el DOE trabajan con el fabricante de luminarias para promover productos superiores que califiquen para la etiqueta Energy Star de la EPA/DOE. Los productos que llevan la etiqueta Energy Star cumplen con criterios de calidad y eficiencia energética en un esfuerzo por garantizar que los consumidores no sacrifiquen el rendimiento para ahorrar energía.

17.4.4 CÓDIGOS Y SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

El diseño de edificios sustentables y de alto rendimiento a menudo implica un intento de alcanzar un nivel de calificación particular en uno de los sistemas de clasificación de construcción sustentable, como LEED, BOMA BEST [31] o Green Globes [32]. La iluminación natural y la iluminación eléctrica (tanto interior como exterior) son dos de las numerosas áreas del sistema abordadas en estos sistemas de clasificación. Los estándares y códigos de construcción sustentable que han sido aprobados o que están acercándose a las etapas finales de aprobación, incluyen ASHRAE/IESNA 189.1, Estándar para el diseño de edificios sustentables de alto rendimiento y el Código Internacional de Construcción Ecológica (IgCC) del Código Internacional. Consejo (CPI). En el área de sistemas de iluminación, estos códigos se centran principalmente en la implementación de controles de iluminación natural y de eficiencia energética, ya que es posible que no sean posibles reducciones significativas en la densidad de potencia de iluminación sin sacrificar la calidad de la iluminación. Por ejemplo, el estándar 189.1 contiene densidades de potencia de iluminación permitidas que son el 90% de las del estándar 90.1, mientras que el IgCC simplemente requiere que un edificio cumpla con los valores del Código Internacional de Conservación de Energía (IECC). Sin embargo, en la mayoría de estos códigos y normas de construcción sustentable, la luz natural debe alcanzar un nivel prescrito en un porcentaje del área ocupada del edificio, a menudo especificado mediante uno o más análisis de tiempo/cielo establecidos, con un control automático integrado de iluminación aplicado en el área de iluminación natural. El cumplimiento del código de iluminación natural o de la norma puede adoptar la forma de un enfoque prescriptivo o de desempeño. El enfoque de rendimiento requiere un amplio modelado energético del edificio, pero impone menos restricciones a la cantidad de área acristalada y al material de acristalamiento utilizado. Las propiedades de acristalamiento permitidas según la ruta prescriptiva están limitadas tanto en 189.1 como en IgCC por coeficientes máximos de ganancia de calor solar (SHGC) especificados y límites en la fracción de área de pared exterior y techo que puede contener ventanas o tragaluces. Un enfoque de diseño integrado es esencial para lograr una iluminación natural de calidad y un bajo consumo energético general del edificio.

RECURSOS DE MÉTRICAS DE ILUMINACIÓN NATURAL IESH/10e

> 14.16.1 Métricas de Rendimiento para Iluminación Natural

17.5 REFERENCIAS

[1] U.S. Energy Information Administration. 2008. 2003 Commercial building energy consumption survey. < http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html>, Accessed 2010, Oct 30.

[2] Building Technology Program, Lawrence Berkeley National Laboratory. 1997. Tips for Daylighting with Windows. [cited on 2010 Apr 22]. Available at http://windows.lbl.gov/daylighting/designguide/download.html.

[3] ASHRAE. 2007. Energy standard for buildings except low-rise residential buildings, ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007. Atlanta ASHRAE.

[4] International Code Council. 2009. International energy conservation code. Washington: International Code Council.

[5] U.S. Green Building Council. 2009. LEED 2009 for new construction and major renovations. Washington: USGBC.

[6] U.S. Green Building Council. 2009. LEED 2009 for schools new construction and major renovations . Washington: USGBC.

[7]] U.S. Green Building Council. 2009. LEED 2009 for core & shell development. Washington: USGBC.

[8] Canada Green Building Council. 2009. LEED 2009 for new construction and major renovations. Ottawa: CaGBC.

[9] Canada Green Building Council. 2009. LEED 2009 for core & shell development. Ottawa: CaGBC.

[10] ASHRAE. 2009. Standard for the design of high performance green buildings, ANSI/ASHRAE/USGBC/IESNA 189.1-2009. Atlanta: ASHRAE.

[11] International Code Council. 2009. International green construction code. Washington, International Code Council.

[12] NEMA, 2009. LE-6-2009, Procedure for determining target efficacy ratings for commercial, industrial, and residential luminaires. Rosslyn, VA: NEMA.

[13] NEMA, 2001. LE-5-2001, Procedure for determining luminaire efficacy ratings for fluorescent luminaires, Rosslyn, VA: NEMA.

[14] Galasiu AD, Newsham GR, Suvagau C, Sander DM, 2007. Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study. Leukos. 4(1):7-29.

[15] Underwriters Laboratories. 2008. Questions and answers, the code authority, 2008 Issue 3; [cited on 2010 May 16]. Available at http://www.ul.com/global/documents/corporate/aboutul/publications/newsletters/thecodeauthority/tca_issue_3_2008.pdf.

[16] IESNA. 2007. Guidelines for upgrading lighting systems in commercial and institutional spaces. LEM-3-07. New York: IESNA.

[17] NEMA. 2009. Energy Efficiency for Electronic Ballasts for T8 Fluorescent Lamps. Rossly, VA: NEMA.

[18] US EPA. 2010. Save energy, money and prevent pollution with light-emitting diode (led) exit signs; [cited on 2010 Apr 22]. Available at http://www.energystar.gov/ia/business/small_business/led_exitsigns_techsheet.pdf.

[19] Canada. 1977. Model national energy code of Canada for buildings. Ottawa: National Resources Council Canada.

[20] Shui B, Evans M. 2009. Country report on building energy codes in Canada. Pacific Northwest National Laboratory; [cited on 2009 Apr 20]. Available at http://www.energycodes.gov/implement/pdfs/CountryReport_Canada.pdf.

[21] Mexico. 2004. NOM-007-ENER-2004: Energy efficiency for lighting systems in non-residential buildings. Comision Nacional de Ahorro de Energia (CONAE).

[22] United States of America. American recovery and reinvestment act of 2009, U.S. Public Law 111-5. 17 February 2009.

[23] United States of America. National appliance energy conservation amendments of 1988. U. S. Public Law 100-357. 28 June 1988.

[24] United States of America. Energy policy act of 1992. U. S. Public Law 102-486. 24 October 1992.

[25] United States of America. Energy policy act of 2005 ,U.S. Public Law 109-58. 8 August 2005.

[26] United States of America. Energy independence and security act of 2007, U.S. Public Law 110-140. 19 December 2007.

[27] Canada. Energy efficiency act. 1992. E6.4, c.36.

[28] Canada. Energy efficiency regulations, SOR/94-651.

[29]. Regulations amending the energy efficiency regulations, P.C. 2008-1930 December 12 2008, Canada Gazette. 142(26). (SOR/2008-323)

[30] Mexico. 2008. Energy efficiency and security requirements of self-ballasted compact fluorescent lamps - Limits and test methods, NOM-017-ENER/SCFI-2008.

[31] Building Owners and Managers Association – Canada. 2009. BOMA BEst; [cited on 2009 Apr 20]. Available at http://www.bomabest.com.

[32] Green Building Initiative. 2010. ANSI/GBI 01-2010: Green building assessment protocol for commercial buildings. Portland, OR: GBI.



© CLTC, UCDavis (Kathreen Fontecha)

18/ CIENCIAS ECONÓMICAS

El mayor uso del capital no es ganar más dinero, sino hacer que el dinero sirva más para mejorar la vida. Henry Ford

CONTENIDO

La economía juega un papel en cada decisión de diseño de iluminación, independientemente de si el proyecto es grande o pequeño. Los métodos de análisis económico permiten a los diseñadores y propietarios evaluar sistemas o inversiones alternativas en función del costo del ciclo de vida al considerar qué alternativa elegir. Este capítulo describe enfoques básicos de análisis económico que se pueden aplicar a los sistemas de iluminación, así como la información de costos relevante que pueda afectar la evaluación económica de un sistema de iluminación, componente o sus medios de operación y mantenimiento. Es valioso para los propietarios de edificios, el personal de mantenimiento, los fabricantes y los diseñadores para evaluar diferentes opciones de iluminación y mantenimiento basadas en evaluaciones del costo del ciclo de vida.

18.1 EL PAPEL DE LOS ANÁLISIS ECONÓMICOS

Un diseño de iluminación debe responder a las necesidades de los usuarios y del propietario, incluidas sus necesidades económicas. En el diseño y construcción de un proyecto, las preocupaciones económicas desempeñan un papel en muchas decisiones y a menudo, se consideran antagonistas de las preocupaciones estéticas y de calidad. Al principio del proceso de diseño, un diseñador de iluminación establece una lista de necesidades y criterios (consulte 11.3.2.1 Programación) que se consideran esenciales; luego comienza el complicado proceso de priorizar criterios distintos del presupuesto y determinar cuáles pueden ser incluidos en el presupuesto o si se debe revisar el presupuesto y cómo. [1-4]

En lugar de considerar los análisis económicos como la antítesis de la buena ingeniería o el diseño estético, deben verse como un marco dentro del cual deben abordarse las necesidades del proyecto. No proporcionar condiciones de iluminación de calidad a los usuarios puede afectar negativamente la comodidad, la satisfacción y/o la productividad y tener consecuencias financieras. Además, un diseño de iluminación que no aborda los requisitos estéticos de un espacio puede dar como resultado valores de alquiler más bajos o en el caso de un restaurante y ciertas aplicaciones minoristas, una reducción del negocio. Un diseño de iluminación que aborde adecuadamente las necesidades de los usuarios y complemente la arquitectura abordará una serie de preocupaciones económicas importantes que, por naturaleza, son difíciles de cuantificar. En general, los aspectos relacionados con el desempeño, las preferencias y el comportamiento de los ocupantes no se incluyen en un análisis económico formal de las alternativas de sistemas de iluminación.

La economía puede afectar a casi todos los componentes principales de un diseño de iluminación, desde fuentes, luminarias y controles hasta el mantenimiento a largo plazo que incluye limpieza y cambio de lámparas. Una evaluación económica es igualmente importante tanto para proyectos de nueva construcción como para proyectos de modernización. Un análisis económico integral de un diseño propuesto considerará una variedad de preocupaciones económicas diferentes, tales como:

• Una comparación de sistemas o componentes alternativos

• Los beneficios proporcionados por un sistema o componente de iluminación en relación con su costo

• Evaluación de técnicas y procedimientos de mantenimiento

• Evaluación de tecnologías y estrategias de gestión de energía

• Impacto de la iluminación en otros sistemas del edificio y los costos asociados

• Las limitaciones presupuestarias del proyecto.

Muchas de estas preocupaciones económicas son sencillas de analizar. Un sistema de iluminación o control más caro puede ahorrar energía o reducir los costos de mantenimiento con el tiempo para justificar su mayor costo inicial. La cuestión de si los costos asociados con un sistema de iluminación pueden justificarse por los ahorros o beneficios que proporciona es una cuestión económica y a menudo, debe ser considerada por el equipo de diseño durante el desarrollo del diseño o en la defensa de un diseño. En cualquier evaluación económica, la calidad de la iluminación proporcionada por las diferentes opciones consideradas debe ser igual para justificar una comparación basada únicamente en los costos iniciales y operativos. Este capítulo abordará los enfoques estándar para los análisis económicos y describirá los costos asociados del sistema que generalmente se aplican a un análisis de costo/beneficio de las alternativas de diseño del sistema de iluminación. Incluye una discusión de algunos métodos de análisis de bajo nivel: métricas simplificadas que

pueden proporcionar una evaluación económica general. A estos enfoques les sigue una discusión sobre el Análisis Costo-Beneficio del Ciclo de Vida (LCCBA), el enfoque recomendado para analizar la economía de las alternativas del sistema. Primero, sigue una breve discusión sobre los costos y adónde puede acudir un profesional de la iluminación para obtenerlos.

18.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS

Un sistema de iluminación puede impactar la economía de diversas maneras. Los más obvios incluyen el costo de compra e instalación del sistema, así como los costos anuales o periódicos de energía y mantenimiento. Se pueden acumular costos o ahorros adicionales a través de impuestos y costos del sistema HVAC (tanto iniciales como operativos). En entornos comerciales, cuestiones como la productividad de los trabajadores, la seguridad, la salud y la retención de empleados, así como la atracción de clientes o el aumento de las ventas o el aumento de los ingresos por alquileres, son difíciles de cuantificar y normalmente no se abordan en las comparaciones económicas. En entornos comerciales e industriales, los salarios de los trabajadores superan con creces los demás costos asociados con la construcción y operación de un edificio, pero el impacto en la productividad de los trabajadores es demasiado complicado de cuantificar, pero es un factor de importancia crítica a considerar. Por lo tanto, un análisis económico de las alternativas de diseño considerará los costos asociados con su instalación y operación. Con opciones de ahorro de energía, como estrategias alternativas de control de iluminación, la pregunta a menudo es: ¿los ahorros proporcionados por un sistema o componente justifican un costo inicial más alto?. Esta condición es relativamente sencilla de evaluar mediante un análisis económico que considere la mejor estimación de todos los costos iniciales y operativos, que incluyen los costos de energía. En el caso de una modernización, una opción podría ser mantener el sistema existente, en cuyo caso los costos iniciales de esa opción pueden ser cero o los costos asociados con el mantenimiento básico que se realizará en lugar de la modernización, como cambiar las lámparas. Si no se reemplazan las lámparas, es importante considerar que los costos de reemplazo de lámparas y balastos serán más altos para un sistema existente al principio del período de estudio que para un sistema recién instalado.

Para evaluar alternativas de diseño, el propietario tal vez desee saber con qué rapidez se recuperarán los costos iniciales más altos (un período de recuperación de la inversión del sistema) o la tasa de retorno de la inversión (que es análoga al interés recibido por cualquier inversión adicional). Un análisis económico detallado puede ayudar al propietario del edificio o al director financiero de una empresa a determinar si es mejor financieramente invertir en equipos de construcción que ahorren costos o invertirlos en otra parte dentro de la empresa basándose en una comparación de los rendimientos esperados.

Al realizar un análisis de costos, es importante recopilar datos representativos de costos asociados con el diseño, construcción y operación de un sistema. Esta información consta de las mejores estimaciones de todo el flujo de caja relacionado con el sistema de iluminación. En algunos casos, puede ser apropiado aplicar estimaciones conservadoras cuando existe incertidumbre en la predicción de costos futuros. El cuadro 18.1 proporciona alguna orientación sobre el tipo de información que debe recopilarse y las fuentes para obtener estos datos. Tenga en cuenta que en una comparación de alternativas de diseño, sólo es necesario evaluar las diferencias en el flujo de efectivo entre sistemas para determinar cuál es el menos costoso durante la vida del sistema o evaluar el período de recuperación de una alternativa en relación con otra.

Cuadro 18.1 | Costos Relacionados con la Iluminación y Fuentes de estos Costos

Categoría del Costo	Item	Fuente de Valores
Costos Iniciales	Equipamiento	• Representantes del fabricante • Proyectos anteriores • Distribuidor o contratista eléctrico • RSMeans [5,6] (Costo de Contrucción Estimado)
	Mano de Obra	• Proyectos anteriores • Distribuidor o contratista eléctrico • RSMeans [5,6] (Costo de Contrucción Estimado) • Proyectos anteriores
	Equipamiento HVAC y Mano de Obra	• Diseño de sistemas mecánicos
Costos Anuales	Cargos por Energía	• Potencias de lámparas o balastos • Tarifas eléctricas de servicios públicos • Horas de funcionamiento (considerando el impacto de los controles de iluminación) • Diseño de sistemas mecánicos para diferencias en la energía de HVAC
	Cargos por Demanda	• Potencias de lámparas o balastos • Tarifas de servicios públicos • Diseño de sistemas mecánicos para diferencias en la demanda máxima de HVAC
	Costos de reemplazo de balastos y lámparas	• Distribuidores/proveedores locales de productos de iluminación • Datos del fabricante sobre esperanza de vida • Horarios de funcionamiento
	Mano de Obra por el reemplazo de balastos y lámparas	• Tarifas de mano de obra para el personal de mantenimiento, incluidos los beneficios • Tiempo necesario para reemplazar la lámpara o balasto o • Cargo de la empresa de servicios de iluminación
	Costos por desechar las lámparas	• Empresas de reciclaje o eliminación de lámparas.
	Costos por limpieza de luminarias	• Tarifas de mano de obra para el personal de mantenimiento, incluidos beneficios • Tiempo requerido por luminaria • Costos de material de limpieza o • Cargos de la empresa de servicios de iluminación
Otros Costos	Reembolsos de servicios públicos	• Proveedor de servicios públicos local.
	Impactos fiscales	• Leyes fiscales locales, estatales y federales para créditos fiscales, depreciación y otras deducciones.
	Seguros	• Compañía de seguros.
	Costos de eliminación Costos de salvamento Costos de reciclaje Valor residual	• Empresas de eliminación de residuos • Recicladoras • Empresas especializadas en demolición o reventa de productos de construcción usados

Como se señaló anteriormente, estos análisis no pueden tomar en cuenta la productividad y por lo tanto, deben juzgarse en consecuencia. Si la opción A del sistema de iluminación presenta un valor de costo menor que la opción B, pero se sabe que la opción A crea más deslumbramiento o exhibe distribuciones de luz que crean cielosrrasos y paredes superiores oscuros, entonces la opción A es, con razón, una elección inapropiada.

18.3 RECUPERACIÓN SIMPLE

La recuperación de la inversión simple es un método general de primer nivel que se aplica comúnmente al comparar alternativas de diseño. El período de recuperación simple es una aproximación a la cantidad de tiempo necesario para amortizar una inversión. Es el costo inicial incremental de un sistema dividido por el flujo de efectivo anual adicional (beneficio financiero) que proporciona.

$$PP = \frac{I}{A} \qquad (18.1)$$

Donde:

PP = **período de recuperación simple (años)**
A = **flujo de efectivo anual incremental (ahorros anuales)**
I = **inversión incremental**

La recuperación simple no considera el valor temporal del dinero, que considera que una determinada cantidad monetaria vale más hoy que en algún momento del futuro. Por lo tanto, el uso del método de recuperación simple es apropiado sólo cuando la recuperación se produce rápidamente (en un par de años) y no en una etapa avanzada de la vida útil de los sistemas. La simple recuperación de la inversión no es una práctica recomendada por IES para evaluar sistemas de iluminación alternativos porque un sistema de bajo costo o una modernización pueden no resultar ser el mejor sistema financieramente cuando se considera un período de tiempo más largo. El uso del Análisis de Costo-Beneficio del Ciclo de Vida es un método de segundo nivel más riguroso (Ver 18.6 Análisis de Costo-Beneficio del Ciclo de Vida (LCCBA) y 18.7 Reembolso y Tasa de Retorno Descontados).

18.4 TASA DE RENDIMIENTO SIMPLE

La tasa de rendimiento simple (ROR), a la que a menudo se hace referencia como rendimiento simple de la inversión (ROI), es el recíproco del período de recuperación simple. Es el beneficio anual proporcionado por una inversión dividido por el costo inicial de esa inversión.

$$ROR = \frac{A}{I} \times 100\% \qquad (18.2)$$

Donde:

ROR = **tasa de retorno simple**
A = **flujo de efectivo anual incremental**
I = **inversión incremental**

18.5 COSTO DE LA LUZ

El costo de la luz es una métrica de análisis de costos de iluminación general que considera los costos incurridos durante la vida útil de una lámpara en relación con los lúmenes-hora acumulados que producirá durante su vida útil. Esta métrica sólo es válida para comparar lámparas que producen la misma distribución general de luz, son intercambiables dentro de las luminarias y no tienen ningún impacto resultante en la eficiencia óptica de las luminarias. El costo de la luz en dólares por millón de lúmenes-hora se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$U_{lamp} = \frac{1000}{\phi_{lamp}} \left[\frac{1000(C_{lamp} + C_{labor})}{L_{lamp}} + P_{lamp} C_{energy} \right] \qquad (18.3)$$

Donde:

U_{lamp} = **costo unitario de luz para una lámpara en $/lm-hr**
ϕ_{lamp} = **lúmenes medios de la lámpara**
C_{lamp} = **precio de la lámpara ($)**
C_{labor} = **costo de mano de obra para reemplazar una lámpara ($)**
L_{lamp} = **Vida útil promedio de la lámpara (horas)**
P_{lamp} = **Potencia de entrada promedio por lámpara (incluidas las pérdidas del balasto)**
C_{energy} = **Costo de energía ($/kwh, incluidos los cargos por demanda)**

18.6 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL CICLO DE VIDA (LCCBA)

El análisis costo-beneficio del ciclo de vida (LCCBA) es un método de análisis económico sólido capaz de abordar todos los costos cuantificables en un proyecto, está ampliamente respaldado y requerido en proyectos gubernamentales y es el método de análisis económico recomendado por IESNA [3]. Este método compara sistemas o alternativas de equipos bajo consideración analizando sus costos diferenciales. Esto generalmente requiere que se evalúen todos los costos conocidos durante la vida útil del sistema. [3] [4] [7] [8]

18.6.1 EL VALOR TEMPORAL DEL DINERO

El valor temporal del dinero se considera en el enfoque LCCBA. Según este enfoque, los pagos y cobros futuros se valoran menos que las transacciones actuales. Todos los costos en los que se incurre durante la vida útil del sistema deben convertirse a su valor equivalente en un momento único, generalmente el valor actual de una moneda o su “valor presente”. Una vez que todos los costos se convierten a valor presente, los sistemas se pueden comparar para determinar cuál es menos costoso durante la vida útil del sistema.

Para convertir gastos futuros en valor presente, es necesario seleccionar una tasa para el valor del dinero en el tiempo. Este valor es una tasa porcentual que representa el costo de oportunidad para un propietario, que es la tasa de interés

que un propietario esperaría obtener sobre una inversión de riesgo similar o el costo de capital de la empresa. Esta tasa diferirá dependiendo de cómo se maneje la inflación en el análisis. La inflación puede incluirse o ignorarse en el análisis, pero esto cambiará la tasa adecuada que se aplicará al valor temporal del dinero. Si se incluyen en el análisis, los costos aumentarán cada año durante el período de análisis y diferentes tipos de costos, como mano de obra, equipo y energía, pueden aumentar a diferentes ritmos. Si se ignora la inflación, se espera que todos los costos aumenten con la tasa general de inflación y la tasa utilizada para el valor temporal del dinero se ajusta para tener en cuenta esto. En tal análisis, si un costo anual como la energía aumentará a una tasa mayor o menor, la diferencia entre su tasa de aumento y la tasa general aún puede incluirse en el análisis.

Las tasas de interés de mercado generalmente consideran que se producirá inflación, por lo que si se utiliza una tasa de interés de mercado, se deben considerar las tasas de inflación para todos los costos. Se puede determinar una tasa de interés para el valor temporal del dinero que tenga en cuenta la inflación, permitiendo ignorar la inflación general, a partir de una tasa de mercado equivalente mediante la siguiente ecuación.

$$i = \left[\frac{1 + i_m}{1 + r} \right] - 1 \qquad (18.4)$$

Donde:

i = tasa de interés para convertir los costos futuros a dólares corrientes que permita ignorar la inflación

i_m = tasa de interés basada en el mercado (contabilizando la inflación)

r = tasa de inflación

18.6.2 SUPUESTOS GENERALES

Al aplicar LCCBA o cualquier otro método de análisis económico, se supone que todos los sistemas cumplen con los requisitos funcionales del diseño por igual. Son de la misma calidad general e impactan la productividad en un ambiente de trabajo y otras medidas de desempeño como las ventas en un entorno minorista de manera similar. En muchas situaciones de modernización, se mejora la calidad de la iluminación, en cuyo caso los resultados de un análisis económico pueden reforzarse aún más.

18.6.3 CONSIDERACIÓN DE SISTEMAS CON VIDAS DESIGUALES

Para calcular el costo total del ciclo de vida de cada sistema, es necesario realizar un análisis sobre la vida esperada del sistema. Si se realiza un análisis del valor presente para comparar los costos de sistemas con vidas diferentes, los sistemas deben evaluarse durante el mismo número de años. Si los sistemas que se comparan tienen diferentes ciclos de vida, entonces se debe aplicar al análisis un período de tiempo que sea el mínimo común múltiplo de estos períodos de tiempo. Con este enfoque, los costos iniciales de un sistema se incurren al comienzo de cada nuevo ciclo de vida. Un enfoque alternativo es determinar el valor presente de cada sistema durante sus respectivas vidas, luego convertir estos valores de valor presente que incluyen costos iniciales y anuales a un costo anual uniforme total durante la vida de ese sistema usando la ecuación. 18.8. El sistema con el costo total anual más bajo es el sistema menos costoso.

18.6.4 CONVERSIÓN DE COSTOS A VALOR PRESENTE

El valor presente total de cada sistema considera todos los costos que se esperan durante la vida útil del sistema. Para determinar el sistema de menor coste a lo largo de su vida útil, sólo es necesario considerar las diferencias de costes entre los sistemas. Si un costo particular, como la mano de obra para la instalación del sistema, es el mismo para todos los sistemas que se analizan, entonces no es necesario considerar este costo. Sin embargo, si el análisis se realiza para determinar la magnitud relativa de los costos asociados con sistemas alternativos, entonces se requieren costos completos y precisos para todas las categorías de gastos. El proceso de determinar el valor presente total de un sistema implica primero determinar todos los costos que se van a considerar. En la Tabla 18.2 se proporciona una lista de elementos a considerar en el análisis de un sistema de iluminación. Estos costos se convierten al valor presente usando la ecuación apropiada de la tabla 18.3. Un enfoque consiste en enumerar los costos incurridos en cada año del análisis, totalizarlos por año y luego convertir cada uno de estos valores al valor presente. La tabla 18.4 enumera los factores de conversión del valor presente derivados de la ecuación. 18.5 para utilizar en la conversión de costos o ingresos futuros a valor presente para tasas de interés de hasta el 15% y períodos de tiempo de hasta 20 años. En 18.8 Problemas de ejemplo de valor presente se proporcionan dos ejemplos.

Si un costo se repite cada año durante la vida del sistema, un enfoque opcional es convertir el costo anual repetido directamente al valor presente usando la Ec. 18.6 o 18.7. Tenga en cuenta que es posible que no se incurra en algunos costos, como los costos de reemplazo de lámparas en grupo, todos los años. Estos deben convertirse a valor presente individualmente. Se debe considerar que los costos que ocurren en algún momento durante un año operativo en particular ocurren al final de ese año al evaluar el número de años a considerar para el factor de conversión del valor presente.

Una vez que se determina el valor presente total, estos costos se pueden convertir a un costo anual equivalente usando (18.8). Luego, los costos iniciales se distribuyen entre todos los años del análisis.

18.6.5 LA HOJA DE TRABAJO LCCBA

La hoja de trabajo LCCBA simplificada proporcionada en la Tabla 18.2 enumera el sistema de iluminación y otros costos relacionados que generalmente se abordan en un análisis económico del sistema de iluminación. No todos los costos pueden considerarse en todos los análisis. Recuerde que sólo es necesario incluir aquellos costos que son diferentes para evaluar qué sistema es menos costoso durante la vida útil del sistema. Se proporcionan notas detalladas para explicar los datos ingresados en cada línea de la hoja de trabajo.

Cuadro 18.2 | Hoja de Trabajo LCCBA

Hoja de trabajo para el análisis de los valores de valor actual del sistema de iluminación a partir de los costos iniciales y anuales.

	Ítems de Costos Relevantes	Comparación de Costos del Sistema			
	Las instrucciones de la hoja de trabajo están delineadas por número de línea en la página opuesta.				
1	**Vida del Sistema= _____ años**				
2	**Tasa de Interés= _______ %**				
3	**A. Costos Iniciales**	**Sistema 1**	**Sistema 2**	**Sistema 3**	**Sistema 4**
4	Sistema de Iluminación-Equipamiento				
5	Sistema de Iluminación -Mano de Obra				
6	HVAC sistema de enfriamiento				
7	HVAC sistema de calefacción				
8	Reembolsos de servicios públicos				
9	Otros costos iniciales: ____________________				
10	Impuestos iniciales:				
11	Costos iniciales totales:				
12	**B. Costos Anuales**				
13	Energía de las luminarias (_______ anual kWh @ $______/kwh)				
14	Cargos por demanda (______KW @ $_____/KW x 12 meses)				
15	Costos de la energía de Aire-acondicionado				
16	Costos de energía para calefacción				
17	Costos por reemplazo de lámparas				
18	Costos por reemplazo de balastos				
19	Costos por limpieza de luminarias				
20	Costo por impuestos anuales a la propiedad				
21	Otros costos anuales :________________________________				
22	Total de costos anuales:				
23	Factor de valor presente para costos anuales (A->P)	X	X	X	X
24	Valor presente de costos anuales:				
25	Impuestos - depreciación (por año durante_años)				
26	Factor de valor presente para impuestos (A->P)	X	X	X	X
27	Valor presente para impuestos:				
28	Valor residual (de rescate) al final de vida económica				
29	Factor de valor presente para los costos de salvamento (F->P)	X	X	X	X
30	Valor presente de los costos de salvamento:				
31	**C. Valor Actual Neto Total (suma de líneas 11,24, 27 y 30):**				

18.6.5.1 NOTAS LÍNEA POR LÍNEA PARA LA TABLA 18.2 | HOJA DE TRABAJO LCCBA:

Línea 1: Establecer la vida prevista en años de los sistemas de iluminación (idéntica para todos los sistemas).

Línea 2: Determine una tasa de interés asociada con el préstamo de dinero, inversiones alternativas o simplemente el aumento durante la vida útil del sistema de iluminación.

Línea 4: Estime los costos de materiales para el sistema de iluminación, recordando incluir cualquier diferencia en los costos de cableado.

Línea 5: Estimar los costos de mano de obra para instalar el sistema.

Línea 6: Un sistema de iluminación introduce calor al edificio que debe ser eliminado por el sistema HVAC en espacios que están enfriados. Si la elección del sistema de iluminación altera el tamaño del equipo HVAC, se deben ingresar aquí los costos diferenciales apropiados. Nota: Si se está analizando un sistema de iluminación natural, las cargas de HVAC y los tamaños de los equipos pueden verse afectados. Se debe consultar al consultor mecánico del proyecto para obtener esta información. 1 tonelada de refrigeración puede eliminar el calor proporcionado por aproximadamente 3,5 kW de iluminación. El precio del equipo de refrigeración es de aproximadamente U$1.500-U$2.500 dólares por tonelada.

Línea 7: Los sistemas de iluminación energéticamente eficientes pueden aumentar la carga de calefacción de un edificio debido a la reducción de las ganancias internas. Si el tamaño del equipo de calefacción difiere entre los sistemas de iluminación que se comparan, ingrese aquí el costo diferencial de los sistemas. Se debe consultar al consultor mecánico del proyecto para obtener esta información. 1 kW de calor equivale a 3,4 kBtu/h, lo que corresponde a entre 60 y 100 dólares adicionales para los costos incrementales del equipo de calefacción si cambia el tamaño del equipo.

Línea 8: Las empresas de servicios eléctricos pueden ofrecer incentivos a los usuarios finales que modernicen o instalen equipos de iluminación energéticamente eficientes en sus edificios. Ingrese los incentivos financieros que se recibirán como un número negativo.

Línea 9: Incluya aquí cualquier otro costo diferencial, como honorarios de diseño o créditos fiscales.

Línea 10: Ingrese los impuestos que aún no estén incluidos en el precio del equipo.

Línea 11: Sumar los costos iniciales totales de los sistemas. Este es el valor presente de los costos iniciales.

Línea 13: Determinar el consumo anual de energía (kwh) para cada sistema, considerando el cronograma de ocupación del edificio y el impacto de los sistemas de control, como los controles de ocupación y atenuación. Multiplique el consumo de energía por el cargo del servicio público por energía ($/kwh). Tenga en cuenta que las tarifas pueden variar según la hora del día y la temporada.

Línea 14: Se podrán incurrir en cargos por demanda mensual si el sistema de iluminación está operando durante el período de máxima demanda. Estime el impacto en la lectura de demanda mensual para el sistema y aplique el cargo por demanda de la empresa de servicios eléctricos, si se va a realizar una medición de la demanda.

Línea 15: Los costos anuales de enfriamiento deben obtenerse de un estudio detallado de carga energética realizado por el consultor mecánico ya que estos se basan en aspectos como la eficiencia del sistema, el tipo de combustible y las aplicaciones del economizador. [13] Estos valores pueden ser particularmente importantes en el estudio de sistemas alternativos de suministro de luz natural.

Línea 16: Los costos anuales de calefacción deben obtenerse de un estudio detallado de carga energética realizado por el consultor mecánico ya que estos se basan en aspectos como la eficiencia del sistema, el tipo de combustible y las

aplicaciones del economizador. [13] Estos valores pueden ser particularmente importantes en el estudio de sistemas alternativos de suministro de luz natural.

Línea 17: Los costos de reemplazo de la lámpara dependerán de la vida útil de la lámpara, el cronograma de operación y la estrategia de reemplazo de la lámpara. Se deben incluir tanto los costos de material como de mano de obra. Una aproximación aproximada considera el número de lámparas que se deben reemplazar por año en función de las horas de funcionamiento y la vida útil de la lámpara. Tenga en cuenta que es probable que se produzcan costos anuales no uniformes con el cambio de lámparas en grupo. El impacto de este efecto sólo puede evaluarse a través de costes anuales no uniformes.

Línea 18: Los balastos generalmente tienen una vida relativamente larga. Los costos de reemplazo de balasto son poco probables en los primeros años de un sistema, pero eventualmente pueden alcanzar una condición de estado estable donde el número de balastos reemplazados es igual al número de balastos dividido por la vida útil del balasto. Se deben incluir tanto los costos de material como de mano de obra.

Línea 19: La limpieza de luminarias podrá realizarse de forma regular o podrá realizarse únicamente cuando se cambien las lámparas. En este último caso, estos costes podrán incluirse en los costes de sustitución de la lámpara. Considere los costos de material y mano de obra. Para utilizarlos en esta hoja de cálculo, aproxime estos costos basándose en un costo promedio por año.

Línea 20: Ingrese aquí el impacto esperado en los impuestos anuales a la propiedad.

Línea 21: Ingrese aquí cualquier costo anual adicional.

Línea 22: Sume todos los costos anuales aquí para obtener el costo aproximado del sistema anualmente.

Línea 23: Calcule el factor de valor presente de cada sistema para convertir los costos anuales durante la vida útil del sistema a su valor presente total equivalente utilizando la Ecuación 18.6.

Línea 24: Multiplique el factor de valor presente (línea 23) por los costos anuales totales (línea 22).

Línea 25: Las leyes fiscales permiten que el equipo se deprecie durante un número determinado de años en las declaraciones de impuestos. En EE. UU., los equipos de iluminación incorporados a los muebles se pueden depreciar en 7 años en lugar del período estándar de 39 años. Además, está disponible una deducción fiscal para edificios comerciales en forma de depreciación acelerada para equipos de iluminación energéticamente eficientes hasta 2013. Ingrese los ahorros fiscales anuales al propietario y el período de tiempo como un número negativo.

Línea 26: Calcule los factores de valor presente para cada sistema para convertir los ahorros fiscales anuales a un valor presente total equivalente para el período de depreciación enumerado utilizando la Ecuación 18.6.

Línea 27: Multiplique el factor de valor presente (línea 26) por los ahorros tributarios anuales (línea 25) para obtener el valor presente equivalente de estos ahorros.

Línea 28: El monto que valdrá el sistema o el costo para el propietario de disponer del mismo al final de su vida económica. Este valor es negativo si se recibe dinero y positivo si se incurre en un costo para deshacerse del sistema.

Línea 29: Calcule el factor de valor presente para convertir el valor de rescate al final de la vida útil del sistema a su valor presente total equivalente utilizando la Ecuación 18.5.

Línea 30: Multiplique el factor de valor presente (línea 29) por el valor de rescate (línea 28). Línea 31: Sume las líneas 11, 24, 27 y 30 para determinar el valor presente total de los sistemas. El valor más bajo es la opción menos costosa durante la vida útil de estos sistemas.

18.6.5.2 SUPUESTOS GENERALES PARA LA TABLA 18.2 | HOJA DE TRABAJO DE LCCBA:

1) Se supone que los sistemas brindan iguales beneficios y calidad de iluminación en todas las áreas no evaluadas en esta hoja de trabajo.

2) Los sistemas comparados tienen vidas idénticas.

3) La tasa de interés utilizada para determinar los factores del valor presente representa la inflación. Se podrían aplicar tasas de aumento individuales a cada uno de los costos de la sección B si cada uno de ellos se convierte individualmente al valor presente utilizando la Ecuación 18.5.

Cuadro 18.3 | Ecuaciones que Relacionan el Valor Presente, el Valor Futuro y los Costos Anuales
(i es el costo de oportunidad o tasa de interés; r es la tasa de inflación, en formato decimal: 0,01=1%)

A Computar	Dado	Ecuación		Gráfico
Valor Actual (P)	F	$P = F \times \frac{1}{(1+i)^y}$	(25.5)	n años; P; F
	A	$P = A \times \frac{(1+i)^y - 1}{i(1+i)^y}$	(25.6)	n años; P; A
	A , r	$P = A \times \frac{(1+r)\left[(1+i)^y - (1+r)^y\right]}{(i-r)(1+i)^y}$	(25.7)	n años; r; P; A escalando
Costo Anual (A)	P	$A = P \times \frac{i(1+i)^y}{(1+i)^y - 1}$	(25.8)	n años; P; A
	F	$A = F \times \frac{i}{(1+i)^y - 1}$	(25.9)	n años; A; F

18.7 RECUPERACIÓN DESCONTADA Y TASA DE RETORNO

Si se considera el valor presente acumulado de todos los costos a lo largo de cualquier año del análisis, es posible determinar un período de recuperación descontado para un sistema que tiene costos iniciales más altos pero costos operativos más bajos. También es posible determinar una tasa de retorno descontada (DROR) que considere el valor del dinero en el tiempo. El DROR es la tasa del valor temporal del dinero que crea valores idénticos del valor presente total del sistema durante la vida útil de los sistemas.

18.8 PROBLEMAS DE EJEMPLO DEL VALOR PRESENTE

Esta sección contiene dos ejemplos que muestran cómo se considera el valor presente en el análisis económico de las decisiones reales sobre sistemas de iluminación.

18.8.1 VALOR PRESENTE EJEMPLO 1

Considere un sistema de iluminación existente al que se le cambian las lámparas puntualmente. El sistema consta de 100 lámparas que cuestan $3 cada una. La vida útil de la lámpara es de 10.000 horas y las lámparas funcionan durante 2.500 horas al año. La opción que se está considerando es un cambio al cambio de lámparas del grupo cada tres años (que ocurrirá al 75% de la vida útil nominal). El costo de cambiar la lámpara es de $10 de mano de obra por lámpara, mientras que el costo de cambiar la lámpara en grupo es de $4 por lámpara. ¿Cuál es el enfoque más económico considerando una tasa de interés del 10%?. Este análisis considerará el número de cambios de lámparas puntuales que se producirán entre cambios de lámparas de grupo en función de una curva de mortalidad de la lámpara.

Solución: La Tabla 18.5 enumera los costos incurridos inicialmente y en cada año del período de estudio, que se considera como un ciclo de reemplazo de lámparas. Estos costos se convierten al valor presente utilizando los multiplicadores apropiados de la tabla 18.4 y luego se suman.

La diferencia entre las dos opciones en este ejemplo es mucho mayor cuando se suman los costos reales, pero esto no aborda el valor del dinero en el tiempo. Dado que los costos de años futuros se descuentan en un análisis del valor presente, el sistema con una mayor parte de sus costos diferidos al futuro se beneficia de un análisis del valor presente. Cuando se considera el valor del dinero en el tiempo, la opción 2 sigue siendo la menos costosa, pero la diferencia entre los dos sistemas es mucho menor. Tenga en cuenta que, independientemente de cuántos ciclos completos de cambio de lámparas se consideren, la relación de los dos costos no cambiará, ya que costos idénticos se repiten en años futuros.

Cuadro 18.4 | Multiplicadores del Valor Presente

Multiplicadores para convertir costos que ocurren en un año futuro en valor presente dada la tasa de interés.

Tasa de Interés	Año 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.5	.995	.990	.985	.980	.975	.971	.966	.961	.956	.951	.947	.942	.937	.933	.928	.923	.919	.914	.910	.905
1.0	.990	.980	.971	.961	.951	.942	.933	.923	.914	.905	.896	.887	.879	.870	.861	.853	.844	.836	.828	.820
1.5	.985	.971	.956	.942	.928	.915	.901	.888	.875	.862	.849	.836	.824	.812	.800	.788	.776	.765	.754	.742
2.0	.980	.961	.942	.924	.906	.888	.871	.853	.837	.820	.804	.788	.773	.758	.743	.728	.714	.700	.686	.673
2.5	.976	.952	.929	.906	.884	.862	.841	.821	.801	.781	.762	.744	.725	.708	.690	.674	.657	.641	.626	.610
3.0	.971	.943	.915	.888	.863	.837	.813	.789	.766	.744	.722	.701	.681	.661	.642	.623	.605	.587	.570	.554
3.5	.966	.934	.902	.871	.842	.814	.786	.759	.734	.709	.685	.662	.639	.618	.597	.577	.557	.538	.520	.503
4.0	.962	.925	.889	.855	.822	.790	.760	.731	.703	.676	.650	.625	.601	.577	.555	.534	.513	.494	.475	.456
4.5	.957	.916	.876	.839	.802	.768	.735	.703	.673	.644	.616	.590	.564	.540	.517	.494	.473	.453	.433	.415
5.0	.952	.907	.864	.823	.784	.746	.711	.677	.645	.614	.585	.557	.530	.505	.481	.458	.436	.416	.396	.377
5.5	.948	.898	.852	.807	.765	.725	.687	.652	.618	.585	.555	.526	.499	.473	.448	.425	.402	.381	.362	.343
6.0	.943	.890	.840	.792	.747	.705	.665	.627	.592	.558	.527	.497	.469	.442	.417	.394	.371	.350	.331	.312
6.5	.939	.882	.828	.777	.730	.685	.644	.604	.567	.533	.500	.470	.441	.414	.389	.365	.343	.322	.302	.284
7.0	.935	.873	.816	.763	.713	.666	.623	.582	.544	.508	.475	.444	.415	.388	.362	.339	.317	.296	.277	.258
7.5	.930	.865	.805	.749	.697	.648	.603	.561	.522	.485	.451	.420	.391	.363	.338	.314	.292	.272	.253	.235
8.0	.926	.857	.794	.735	.681	.630	.583	.540	.500	.463	.429	.397	.368	.340	.315	.292	.270	.250	.232	.215
8.5	.922	.849	.783	.722	.665	.613	.565	.521	.480	.442	.408	.376	.346	.319	.294	.271	.250	.230	.212	.196
9.0	.917	.842	.772	.708	.650	.596	.547	.502	.460	.422	.388	.356	.326	.299	.275	.252	.231	.212	.194	.178
9.5	.913	.834	.762	.696	.635	.580	.530	.484	.442	.404	.369	.337	.307	.281	.256	.234	.214	.195	.178	.163
10.0	.909	.826	.751	.683	.621	.564	.513	.467	.424	.386	.350	.319	.290	.263	.239	.218	.198	.180	.164	.149
10.5	.905	.819	.741	.671	.607	.549	.497	.450	.407	.368	.333	.302	.273	.247	.224	.202	.183	.166	.150	.136
11.0	.901	.812	.731	.659	.593	.535	.482	.434	.391	.352	.317	.286	.258	.232	.209	.188	.170	.153	.138	.124
11.5	.897	.804	.721	.647	.580	.520	.467	.419	.375	.337	.302	.271	.243	.218	.195	.175	.157	.141	.126	.113
12.0	.893	.797	.712	.636	.567	.507	.452	.404	.361	.322	.287	.257	.229	.205	.183	.163	.146	.130	.116	.104
12.5	.889	.790	.702	.624	.555	.493	.438	.390	.346	.308	.274	.243	.216	.192	.171	.152	.135	.120	.107	.095
13.0	.885	.783	.693	.613	.543	.480	.425	.376	.333	.295	.261	.231	.204	.181	.160	.141	.125	.111	.098	.087
13.5	.881	.776	.684	.603	.531	.468	.412	.363	.320	.282	.248	.219	.193	.170	.150	.132	.116	.102	.090	.079
14.0	.877	.769	.675	.592	.519	.456	.400	.351	.308	.270	.237	.208	.182	.160	.140	.123	.108	.095	.083	.073
14.5	.873	.763	.666	.582	.508	.444	.388	.338	.296	.258	.225	.197	.172	.150	.131	.115	.100	.087	.076	.067
15.0	.870	.756	.658	.572	.497	.432	.376	.327	.284	.247	.215	.187	.163	.141	.123	.107	.093	.081	.070	.061

Cuadro 18.5 | Análisis del Valor Presente para el Ejemplo 1

Los costos de cambio de lámparas para los dos sistemas del ejemplo 1 se convierten a sus valores de valor presente equivalentes y luego se suman. Se considera que los costes iniciales de la opción de cambio de lámparas en grupo ya están valorados en la actualidad.

		OPCIÓN 1 - Cambio de Lámpara Puntual				OPCIÓN 2 - Cambio de Lámpara puntual + Grupal			
Año	Factor PW	# de Lámparas Reemplazadas	Tipo de Cambio de Lámpara	Costo Anual	PW	# de Lámparas Reemplazadas	Tipo de Cambio de Lámpara	Costo Anual	PW
Inicial	1.000			$0		100	Grupal	$700	$700
1	0.909	25	Puntual	$325	$295	0		$0	$0
2	0.826	25	Puntual	$325	$269	0		$0	$0
3	0.751	25	Puntual	$325	$244	7	Puntual	$91	$68
TOTAL		75		$975	**$808**	107		$791	**$768**

18.8.2 VALOR PRESENTE EJEMPLO 2

Este ejemplo considera dos opciones de diseño que aplican luces empotradas. Uno aplica lámparas CFL y el otro fuentes LED. Los detalles sobre estos sistemas se proporcionan a continuación. Todos los valores son hipotéticos y se proporcionan únicamente para su uso en este ejemplo.

Detalles Generales:

- Vida operativa de 20 años con operación de 10 horas al día, 365 días al año.
- Coste energético: $O. 10/kwh
- Tarifa de mano de obra de instalación: $60/hora
- Tarifa de mano de obra de mantenimiento: $30/hora

Sistema # 1:

- (54) downlights empotrados CFL de 18 W a $350 cada uno
- Vida útil de la lámpara de 12000 horas
- 20 vatios de entrada

Sistema #2:

- (48) Downlights LED empotrados a $450 cada uno
- Vida útil de la lámpara de 50000 horas
- 12 vatios de entrada

Cálculos de costos del Sistema #1:

- Costo de instalación inicial: 54 luminarias X ($350/luminaria + 0.75 horas de mano de obra X $60/hora) = $21.330
- Costo anual de energía : 54 luminarias X 20 W X 10 h/día X 365 días/año / 1000 W/kwh X $0,10/kwh = $394/año
- Costo anual de reemplazo de lámparas: (3.650 h/año) / 12 000 h/lámpara X ($8/lámpara + 0,2 horas de mano de obra X $30/hora) = $123
- Costo de limpieza anual: 54 luminarias X $0,1 horas de mano de obra/luminaria X $30/hora = $162

Cálculos de costos del Sistema #2:

- Costo inicial: 48 luminarias X ($450/luminaria + 0,75 horas de mano de obra X $60/hr) = $23.760
- Costo de energía anual: 48 luminarias X 12 Wx 10 hr/día X 365 días/año / 1000 W/kwh X $0.10/kwh = $210
- Costo de reemplazo de lámparas en grupo:

48 luminarias X ($30/módulo LED + 0,2 horas/luminaria X $30/hora) = $1.728 (años 1 y 4)

- Costo de limpieza anual:

48 luminarias X $0,1 horas de mano de obra/luminaria X $30/hora = $144

El cuadro 18.6 ilustra el cálculo tanto del reembolso simple como del reembolso descontado utilizando una tasa de interés del 4% que no requiere considerar la inflación. El sistema 2 es inicialmente el más caro, pero incurre en costes anuales más bajos. Los valores en negrita indican momentos en que los costos acumulativos asociados con el Sistema 2 son menos costosos que los mismos costos para el Sistema 1. La recuperación simple para el Sistema 2 ocurre cuando el total acumulado de todos los pagos para ese sistema es menor que los del Sistema 1. Esto ocurre aproximadamente a los 7 años (6,99 años). La recuperación descontada, que considera el valor del dinero en el tiempo, ocurre cuando el valor presente acumulado de todos los pagos es menor que los mismos pagos para el Sistema 1. Esto ocurre aproximadamente a los 8,12 años. Durante los 20 años de vida del sistema, en dólares de hoy, el Sistema 2 es $2.044 menos costoso que el Sistema 1. Promediada a lo largo de la vida del sistema, la Tasa de Retorno descontada (ROR) es igual a la tasa de interés que proporciona un presente idéntico a 20 años. La columna de la derecha muestra que esto ocurre a una tasa de interés del 11%, que es el ROR.

		Sistema 1						
Año	**Factor PW**	**Costo Energético**	**Costo Mantenimiento**	**Costo Anual**	**Costo Anual PW**	**Total de Pagos**	**PW Total (i=4%)**	**PW Total (i=11%)**
Inicial	**1.000**			21330	21330	21330	21330	21330
1	**0.962**	394	162	556	535	21886	21865	21831
2	**0.925**	394	162	556	514	22442	22379	22282
3	**0.889**	394	162	556	494	22998	22873	22689
4	**0.855**	394	417	811	693	23809	23566	23223
5	**0.822**	394	417	811	667	24620	24233	23704
6	**0.790**	394	417	811	641	25431	24874	24138
7	**0.760**	394	417	811	616	26242	25490	24528
8	**0.731**	394	417	811	593	27053	26083	24880
9	**0.703**	394	417	811	570	27864	26652	25197
10	**0.676**	394	417	811	548	28675	27200	25483
11	**0.650**	394	417	811	527	29486	27727	25740
12	**0.625**	394	417	811	507	30297	28234	25972
13	**0.601**	394	417	811	487	31108	28721	26181
14	**0.577**	394	417	811	468	31919	29189	26369
15	**0.555**	394	417	811	450	32730	29639	26539
16	**0.534**	394	417	811	433	33541	30072	26691
17	**0.513**	394	417	811	416	34352	30489	26829
18	**0.494**	394	417	811	400	35163	30889	26953
19	**0.475**	394	417	811	385	35974	31274	27065
20	**0.456**	394	417	811	370	36785	31644	27165

		Sistema 2							
Año	Factor PW	Costo Energético	Costo Mantenimiento	Costo Anual	Costo Anual PW	Total de Pagos	PW Total (i=4%)	Ahorros en PW	PW Total (i=11%)
Inicial	1.000			23760	23760	23760	23760	-23,760	23760
1	0.952	210	144	354	337	24114	24097	-2,233	24097
2	0.916	210	144	354	324	24468	24421	-2,043	24401
3	0.881	210	144	354	312	24822	24733	-1,860	24675
4	0.847	210	144	354	300	25176	25033	-1,467	24921
5	0.814	210	144	354	288	25530	25321	-1,088	25143
6	0.783	210	144	354	277	25884	25598	-724	25343
7	0.753	210	144	354	266	**26238**	25864	-374	25523
8	0.724	210	144	354	256	**26592**	26121	-38	25686
9	0.696	210	144	354	246	**26946**	**26367**	**285**	25832
10	0.669	210	144	354	237	**27300**	**26604**	**596**	25964
11	0.643	210	144	354	228	**27654**	**26832**	**895**	26083
12	0.619	210	144	354	219	**28008**	**27051**	**1,183**	26190
13	0.595	210	144	354	211	**28362**	**27261**	**1,459**	26286
14	0.572	210	1872	2082	1191	**30444**	**28452**	**737**	26797
15	0.550	210	144	354	195	**30798**	**28647**	**993**	26875
16	0.529	210	144	354	187	**31152**	**28834**	**1,238**	26945
17	0.508	210	144	354	180	**31506**	**29014**	**1,475**	27009
18	0.489	210	144	354	173	**31860**	**29187**	**1,702**	27066
19	0.470	210	144	354	166	**32214**	**29354**	**1,920**	27117
20	0.452	210	144	354	160	**32568**	**29514**	**2,131**	**27164**

18.9 SOFTWARE DE ANÁLISIS ECONÓMICO

En general, es bastante sencillo realizar un análisis económico de un sistema de iluminación en una hoja de cálculo. Los costos deben clasificarse como uno de los siguientes

• Costos iniciales, que ya valen la pena en la actualidad.

• Costos anuales que no cambian durante la vida útil del sistema.

• Costos intermitentes que ocurren a intervalos recurrentes a lo largo de la vida útil del sistema, pero que cambian de un año a otro.

• Costos rescatados que ocurren al final de la vida útil de los sistemas.

Los últimos tres se convierten a un valor presente equivalente utilizando los multiplicadores apropiados.

Se encuentran disponibles varias herramientas de análisis económico diferentes para realizar estas funciones [9-12]. Algunos de estos son programas independientes, mientras que otros son módulos adjuntos a otro programa de análisis de iluminación.

18.10 RESUMEN

La consideración de la economía en el diseño y selección de equipos y sistemas de iluminación ayudará a proporcionar el máximo beneficio a largo plazo al propietario de un edificio al proporcionar una solución de iluminación de calidad a un costo neto más bajo. Recuerde que los tipos de análisis económicos descritos en este capítulo están destinados a la evaluación de sistemas que ofrecen una calidad de iluminación equivalente; de lo contrario, el costo o ahorro adicional entre dos sistemas refleja los costos incurridos o los ahorros obtenidos al pasar a un nivel de iluminación más alto o más bajo en calidad. Tenga en cuenta que es probable que las diferencias en la calidad de la iluminación tengan implicaciones financieras más allá de lo que se refleja en la mayoría de los análisis económicos.

18.11 REFERENCIAS

[1] IES Design Practice Committee. 1980. Life cycle cost analysis of electric lighting systems. Light Des Appl. 10(5):43-48.

[2] DeLaney WB. 1973. How much does a lighting system really cost? Light Des Appl. 3(1):22-28.

[3] IES. Lighting Economics Committee. 1996. Recommended practice for the economic analysis of lighting, IES RP-31-1996. New York: IESNA.

[4] White JA, Case KE, Pratt DB. 2010. Principles of engineering economic analysis, 5th Ed., Hoboken: John Wiley & Sons.

[5] Waier PR, Babbitt C, Baker T, Balboni B. 2010. RS Means building construction cost data 2010. Kingston, MA: RS Means.

[6] Chiang J, Babbitt C, Baker T, Balboni B. 2010. RS means building construction cost data 2010. Kingston, MA: RS Means.

[7] Fuller SK, Peterson SR. 1996. Life cycle costing manual for the federal energy management program: NIST handbook 135, 1995 edition. Gaithersburg: Natl Inst of Stds and Tech; [cited 2010 Jan 20]. Available at http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=907459.

[8] ASTM Committee E06.81 on Building Economics, ASTM E917 - 05e1 Standard practice for measuring life-cycle costs of buildings and building systems. West Conshohocken: ASTM.

[9] Fetters JL, 1998. The handbook of lighting surveys and audits, Boca Raton: CRC Press. 51-60 p.

[10] Acuity Brands Lighting. 2010. Economic viewer 2.0 software.;[cited 2010 Jan 20]. Available at http://www.acuitybrandslighting.com/lightware/Software/Economic_Viewer/.

[11] Cooper Lighting. 2010. Luxicon software; [cited 2010 Jan 20]. Available at http://www.cooperlighting.com/content/design/etools.cfm.

[12] General Electric Co. 2010. Value light software; [cited 2010 Jan 20]. Available at http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/tools_software/.

[13] Owen MS, Ed. 2009. 2009 ASHRAE handbook: Fundamentals. Atlanta, GA: ASHRAE.



19 I SOSTENIBILIDAD

El futuro pertenece a quienes entienden que hacer más con menos es compasivo, próspero y duradero y por tanto, más inteligente, incluso competitivo. Paul Hawken, ambientalista, empresario, periodista y autor.

Contenido

La aplicación de enfoques sostenibles al diseño de edificios ha ganado una amplia aceptación en los últimos años en respuesta a las preocupaciones sobre el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales del mundo, la contaminación y las preocupaciones sobre la salud y el bienestar humanos. La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, en 1987, declaró que “el desarrollo sostenible es desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” [1] En la profesión de la iluminación, la IES y la Asociación Internacional de Diseñadores de Iluminación (IALD) han definido el diseño de iluminación sostenible como “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades cualitativas del entorno visual con el menor impacto en el entorno natural” [2] [3] El diseño sostenible intenta equilibrar nuestras necesidades actuales con las de las generaciones futuras mediante el uso inteligente de los recursos naturales y la protección del entorno natural.

La iluminación es un componente importante del diseño de edificios sostenibles, debido a su impacto potencial en el medio ambiente y en la sociedad. La electricidad utilizada para alimentar los sistemas de iluminación consume el 25% de la energía primaria de los edificios comerciales [4]. La producción de electricidad en Estados Unidos se basa en gran medida en centrales eléctricas que queman combustibles fósiles, que liberan dióxido de carbono, mercurio, dióxido de azufre y óxidos nitrosos que contribuyen al calentamiento global y a la lluvia ácida. En la producción de determinadas lámparas se utilizan materiales peligrosos como mercurio y soldadura de plomo. La fabricación de equipos de iluminación

también consume recursos naturales y energía; la mayoría de los componentes de lámparas y luminarias están hechos de acero, aluminio, cobre, otros metales, vidrio y plástico [5].

La iluminación también afecta la calidad del entorno visual. La iluminación afecta la salud humana, el confort y el rendimiento en el interior de los edificios, donde muchas personas pasan la mayor parte de sus horas de vigilia. Es necesario comprender cómo las decisiones de diseño afectan tanto a los ocupantes como al entorno natural para lograr soluciones de diseño más sostenibles. El diseño sostenible comienza con un conjunto de objetivos que se desarrollan en la etapa inicial de programación del proyecto. Estos incluyen el rendimiento de la iluminación, el rendimiento energético y los impactos ambientales de un diseño que abarcan desde los materiales utilizados en la fabricación de los productos de iluminación, hasta la instalación y operación del sistema de iluminación y finalmente, hasta la eliminación de estos componentes al final de su vida útil.

19.1 CONCEPTOS BÁSICOS

El diseño sostenible considera los impactos económicos, sociales y ambientales de los edificios, que McDonough ha denominado economía, equidad y ecología [4]. Los productos deben diseñarse y utilizarse para tener un impacto positivo en la naturaleza y la sociedad, creando al mismo tiempo valor económico. El concepto “cradle to cradle (cuna a cuna)” de McDonough sugiere que los productos deben diseñarse de manera que al final de su vida útil sus materiales puedan convertirse en nuevos productos, como ocurre con el acero, el vidrio y el aluminio reciclados. Si un producto está hecho de un material sintético, ese material debe ser uno que pueda reciclarse. Los metales y el vidrio son los ingredientes principales de la mayoría de los productos de iluminación, por lo que muchos de estos productos pueden ser reciclados cuando sea desmantelado. Se prefiere este enfoque al enfoque “de la cuna a la tumba”, en el que un producto se envía al vertedero y su reemplazo debe crearse desde cero utilizando las materias primas básicas. Esto puede consumir mayores cantidades de energía y más recursos disponibles en la Tierra que los que se consumirían si se utilizaran materiales reciclados. El reciclaje de lámparas que contienen mercurio ayuda a recuperar ese mercurio para utilizarlo en nuevos productos y a mantenerlo fuera de los vertederos y del medio ambiente. En el caso de la iluminación, un aspecto importante de la sostenibilidad es la energía necesaria para operar un sistema de iluminación durante su vida útil, que puede ser significativa. Se puede lograr una reducción del consumo de energía mediante el uso de lámparas, luminarias, diseños y sistemas de control de iluminación de luz natural y energéticamente eficientes. Algunos componentes del sistema de iluminación, como los postes para iluminación exterior y los materiales de las luminarias, no tienen impacto energético en el uso final y pueden evaluarse como la mayoría de los otros materiales de construcción.

19.2 ELEMENTOS DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN SOSTENIBLE

El diseño de edificios sostenibles considera el impacto de todos los materiales y sistemas de construcción tanto en los ocupantes como en el medio ambiente. Se pone énfasis en la calidad del ambiente interior, el consumo de energía y las influencias ambientales de todas las actividades relacionadas, desde la extracción de materia prima hasta el eventual retiro y eliminación del sistema, así como en la energía incorporada del equipo que se utiliza y sobre la liberación de materiales nocivos al medio ambiente. La iluminación sostenible se puede abordar en una variedad de áreas: diseño de sistemas y componentes, operación del sistema, calidad del entorno visual y eliminación. A continuación se enumeran una serie de consideraciones clave.

1. Aplicar iluminación natural de calidad como fuente principal de luz en niveles adecuados. Esto reducirá la dependencia de la iluminación eléctrica, ahorrará energía de iluminación y prolongará la vida útil de las lámparas cuando las luminarias estén apagadas durante las horas del día.

2. Mejorar los entornos de trabajo conectando a los ocupantes con el exterior a través de la luz natural y las aberturas de visualización.

3. Minimizar el consumo de energía de iluminación eléctrica mediante equipos energéticamente eficientes, diseño integrado de edificios [7] y controles de iluminación que ahorren energía. Aplique la cantidad correcta de iluminación eléctrica sólo donde y cuando sea necesaria para conservar energía y reducir la demanda eléctrica según la hora del día, la ocupación y los niveles disponibles de luz natural. El control personal flexible de los equipos de iluminación puede ahorrar energía adicional cuando los ocupantes seleccionan niveles reducidos [8] [9] [10].

4. Proporcionar un entorno visual agradable y confortable que mejore el rendimiento, la salud y el bienestar general de los ocupantes.

5. Emplear sistemas y equipos que ofrezcan flexibilidad (que puede incluir reconfiguración del sistema), durabilidad y facilidad de mantenimiento. Estas características garantizan que el sistema estará en funcionamiento durante muchos años, lo que aumenta la sostenibilidad del diseño al evitar la necesidad de cambiar el equipo a medida que cambian las funciones del espacio.

6. Especificar equipos fabricados con materiales ambientalmente responsables que minimicen los desechos químicos y materiales y la contaminación ambiental.

7. Considerar opciones que reduzcan el material de embalaje y los requisitos de transporte.

8. Proporcionar una puesta en servicio adecuada y documentar los procedimientos de operación, mantenimiento, puesta en marcha y reciclaje de lámparas del sistema en un manual de operación y mantenimiento de sistemas de iluminación.

9. Minimizar la contaminación lumínica y la intrusión lumínica aplicando iluminación exterior de acuerdo con la zona ambiental en el sitio de construcción y retrocediendo o eliminando la iluminación en un toque de queda determinado.

10. Especificar que todos los productos de iluminación se reciclen o eliminen adecuadamente al final de su vida útil.

La sostenibilidad debe considerarse en todas las fases del proceso de diseño de iluminación, comenzando en la etapa de programación del proyecto. La sostenibilidad a menudo viene dictada por el cliente del proyecto que desea un edificio que cumpla con un nivel determinado de sostenibilidad según lo calificado a través de un sistema de calificación de edificios ecológicos. Incluso sin tal requisito, muchos de los elementos del diseño sustentable representan buenas prácticas de diseño y deben ser considerados. En las siguientes secciones se describen más detalles sobre cada uno de estos elementos de diseño que pueden contribuir a la sostenibilidad.

19.2.1 ILUMINACIÓN NATURAL

Dado que la disponibilidad de luz natural corresponde a la jornada laboral estándar y a la mayoría de los horarios de ocupación de los edificios, la energía de iluminación se puede minimizar mediante la aplicación de iluminación natural para iluminar parcial o totalmente los interiores de los edificios. Además de ahorrar energía, la luz natural puede mejorar la calidad y el atractivo de un espacio gracias a su naturaleza dinámica, mayores luminancias y excelente calidad de color. El bienestar de los ocupantes se mejora a través de conexiones con el entorno exterior proporcionadas por ventanas de visualización y aberturas de luz natural. Ver Figura 19.1. Para lograr un entorno con iluminación natural de calidad, se deben controlar la luz solar directa y el resplandor a través de las aberturas de luz natural. Los diseños de iluminación natural que satisfacen las necesidades de los ocupantes y del espacio con ahorros netos de energía (considerando tanto la iluminación como la energía HVAC) exigen un enfoque de diseño integrado por parte del equipo del proyecto, ya que la iluminación natural afecta múltiples sistemas de construcción y decisiones de diseño (consulte 14.2 Proceso de diseño de iluminación natural). La ubicación y el diseño del edificio, la selección del material de acristalamiento, el tamaño y la ubicación de las aberturas y el control de la luz solar son fundamentales para el rendimiento general del sistema y el potencial de ahorro de energía. Un acristalamiento excesivo puede provocar deslumbramiento y altas cargas de calefacción y refrigeración. El control automático de la luz natural es necesario para garantizar el ahorro de energía.



FIGURA 19.1 | UNA OFICINA CON ILUMINACIÓN NATURAL

Los trabajadores de esta área de oficina abierta cuentan con luz natural y vistas. Tenga en cuenta que no hay iluminación eléctrica funcionando. El tragaluz contiene deflectores para bloquear la luz solar directa y proporciona luz natural para bañar una pared interior en un nivel inferior. » Imágenes ©Christoper Meek y Kevin Van Den Wymelenberg, cortesía de The Miller Hull Partnership

19.2.2 ILUMINACIÓN ELÉCTRICA

Un sistema de iluminación eléctrica sostenible requiere equipos energéticamente eficientes, un diseño bien planificado y en algunos casos, un control de iluminación flexible o automático. Los códigos de energía de construcción actuales restringen las densidades de potencia de iluminación y requieren características de control de iluminación específicas para garantizar que se alcancen niveles básicos de eficiencia energética. Se puede ahorrar energía adicional diseñando sistemas con una potencia de iluminación instalada aún menor o controlando el sistema para reducir la potencia operativa del sistema o las horas de funcionamiento. Se debe mantener una iluminación de calidad en todas las condiciones. En el diseño de iluminación eléctrica, un enfoque de iluminación en capas ayuda a lograr ahorros de energía. Bajo tal enfoque, los niveles de tarea requeridos sólo pueden proporcionarse sobre el área de tarea inmediata con iluminación ambiental general en un nivel inferior para mantener el confort visual y el rendimiento mientras se mejora la apariencia del espacio. Consulte las Figuras 19.2 y 15.1 Sistemas de iluminación eléctrica. Los diseños sostenibles deben ser funcionales y agradables, además de abordar las preocupaciones energéticas y medioambientales. Son deseables diseños y equipos que permitan una fácil reconfiguración en espacios que pueden reorganizarse periódicamente. Si el diseño de iluminación carece de algún aspecto, incluida la estética, es posible que un espacio no se utilice al máximo para su propósito o es probable que se retire y reemplace el sistema de iluminación, lo cual constituye un uso ineficiente de los recursos.

19.2.2.1 CONSIDERACIONES SOBRE EL EQUIPO

Para abordar la sostenibilidad en la selección de equipos de iluminación, se deben considerar los siguientes aspectos del equipo de iluminación.

- eficiencia energética
- calidad de la iluminación en relación con la visibilidad de la tarea, el confort visual y la estética
- controlabilidad
- materiales reciclados y reciclables
- energía incorporada
- residuos o subproductos peligrosos (a través de la fabricación, el uso o la eliminación)
- mantenimiento requerido
- vida/durabilidad
- requisitos de embalaje y transporte



FIGURA 19.2 |ILUMINACIÓN DE TAREAS

La iluminación de tareas dentro de un cubículo de oficina proporciona la iluminancia deseada de la superficie de trabajo, mientras que la iluminación ambiental proporciona niveles generales más bajos de iluminancia en todo el espacio, lo que ahorra energía. La iluminación indirecta ayuda a aumentar la percepción general de la luminosidad del espacio. El lado izquierdo de esta estación de trabajo cuenta con una luz de trabajo debajo del gabinete que también ayuda a equilibrar las relaciones de luminancia dentro de la estación de trabajo, mientras que el lado derecho contiene una luminaria de escritorio LED flexible. » Imagen ©Finelite, Inc.

19.2.2.2 LÁMPARAS

La Sección 13.11 Sostenibilidad proporciona una descripción general de los problemas de sostenibilidad relacionados con las lámparas. Las figuras 13.1a y 13.1b proporcionan información sobre la eficacia y la vida útil de la lámpara, las cuales están relacionadas con la sostenibilidad. La eficacia de la lámpara, si bien contribuye a la eficiencia energética, no siempre predice cuál es el sistema de iluminación más eficiente desde el punto de vista energético. A continuación se proporcionan comentarios generales sobre cada uno de los tipos de fuentes primarias.

FILAMENTO

Las lámparas de esta familia se encuentran entre las menos eficaces y su uso debe minimizarse. Tanto la eficacia luminosa como la vida útil de la lámpara son bajas. Se debe evitar su uso para iluminación ambiental general, pero puede ser apropiado para cierta iluminación de acento y en entornos históricos limitados. Las formas más eficientes utilizan tecnología de infrarrojos halógenos (IR). Las lámparas de filamento tienen una energía incorporada relativamente baja y no generan residuos peligrosos.

LÁMPARAS FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes, aunque contienen mercurio, combinan la eficiencia energética con una larga vida útil para contribuir a un diseño más sostenible. El contenido de mercurio de las lámparas fluorescentes se ha reducido significativamente en los últimos 25 años, como se muestra en la Figura 19.3 [11]. Todas las variedades de lámparas fluorescentes deben reciclarse para evitar colocar mercurio en vertederos o incineradores. Las CFL son un sustituto energéticamente eficiente de las lámparas de filamento de servicio general en muchas aplicaciones. Las lámparas fluorescentes reducen las emisiones de mercurio a la atmósfera en relación con las lámparas de incandescencia menos eficientes cuando funcionan con un suministro de petróleo o carbón [13].

HID

Muchas lámparas HID contienen mercurio y soldadura a base de plomo y por lo tanto, deben reciclarse. Algunas lámparas HPS ahora están disponibles sin mercurio ni plomo. Las lámparas HID pueden ser una opción de diseño sostenible, ya que la aplicación de lámparas de alto rendimiento puede reducir el número de luminarias necesarias, siempre que se cumplan los criterios de calidad pertinentes, especialmente los relacionados con el deslumbramiento. Las lámparas HID tienen una vida relativamente larga, particularmente en relación con las lámparas de incandescencia. Las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos ofrecen una excelente calidad de color y alta eficacia y pueden usarse para reemplazar las lámparas de filamento en una variedad de aplicaciones, incluidas aquellas que requieren lámparas reflectoras. En algunas aplicaciones, como las industriales y de gran altura, las lámparas fluorescentes han reemplazado a las lámparas HID debido a su vida útil más larga y opciones de control más flexibles.

LA ILUMINACIÓN DE ESTADO SÓLIDO (SSL)

Si se aplica correctamente, puede tener una vida útil muy larga, como en el caso de la mayoría de los LED, lo que reduce la necesidad de reemplazo. Esto, en sí mismo, puede considerarse una característica sostenible. Los LED también ofrecen un tamaño pequeño y una buena eficiencia energética (que mejora continuamente y se espera que supere la de todas las demás fuentes eléctricas conocidas [14]). Los LED pueden competir con los equipos downlight halógenos y CFL en términos de energía y rendimiento fotométrico. Ofrecen un control direccional excepcional y la oportunidad de atenuación o conmutación multinivel. En iluminación exterior, la conmutación multinivel es posible utilizando sensores de ocupación para reducir la energía en las áreas de estacionamiento cuando estas áreas están desocupadas. Se deben considerar los requisitos de controladores y disipadores de calor al evaluar los sistemas LED. Al momento de escribir este artículo, los LED funcionan con corriente continua de bajo voltaje, lo que los convierte en excelentes candidatos para

aplicaciones con sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, las distancias de cableado pueden crear un desafío con los sistemas de CC, ya que el flujo de corriente es mucho mayor a bajos voltajes, lo que contribuye a mayores pérdidas en los cables y caídas de voltaje. Cuando la iluminación funciona con sistemas fotovoltaicos generados en el sitio, los ahorros en energía primaria son mayores que simplemente la carga retirada de la red debido a ineficiencias en la generación y distribución de energía. El promedio nacional de la relación entre la fuente y el sitio es aproximadamente 3,4, lo que significa que se necesita más de tres veces más energía para ser consumida en una planta de energía para operar una carga determinada dentro de un edificio.

19.2.2.3 BALASTOS

Los balastos fluorescentes deberían ser electrónicos para minimizar las pérdidas de balasto. Los balastos de atenuación brindan la oportunidad de lograr ahorros de energía cuando el ocupante desea reducir el brillo del espacio o cuando hay luz natural disponible. Los balastos de atenuación direccionables digitalmente ofrecen opciones de control altamente flexibles y la capacidad de monitorear el consumo de energía, instituir balasto de carga y estar informado sobre fallas del equipo. Algunos balastos fluorescentes están diseñados para proporcionar atenuación escalonada o reducción de carga máxima. En el caso de las luminarias HID, los balastos HID magnéticos utilizan cantidades significativas de cobre y hierro en sus devanados, lo que requiere extraer y procesar más materia prima. Actualmente hay balastos electrónicos disponibles para varias lámparas HID de baja potencia, que ofrecen ahorro de energía y requieren menos materia prima para su fabricación. Los balastos de atenuación escalonada permiten reducir los niveles de iluminación HID, con el consiguiente ahorro de energía.

19.2.2.4 LUMINARIAS

Al seleccionar luminarias, es fundamental la capacidad de ofrecer iluminación de alta calidad y bajo deslumbramiento con bajo impacto ambiental. Junto con la calidad, la clave es una alta eficiencia energética del sistema y es el resultado de una combinación de la eficacia de la lámpara y el rendimiento óptico de la luminaria. Otros atributos, como los materiales utilizados, la durabilidad, la vida útil, el mantenimiento y la adaptabilidad a los cambios en el uso o diseño del espacio, determinan aún más la sostenibilidad final de un producto o diseño en particular. Los componentes de las luminarias suelen estar compuestos de acero, aluminio, plástico y vidrio, la mayoría de los cuales son reciclables. Tanto el contenido reciclado como la capacidad de reciclar componentes al final de su vida útil afectan la sostenibilidad de un producto. Cuando se utiliza como material reflector común, el aluminio suele anodizarse, lo cual es un proceso relativamente responsable desde el punto de vista medioambiental, ya que no genera residuos peligrosos y no complica el proceso de reciclaje. El pintado de piezas metálicas normalmente se realiza con recubrimientos en polvo que emiten poco o ningún compuesto orgánico volátil (COV).

19.2.2.5 CONTROLES

Los controles, incluidos los controles locales, de escena, basados en temporizadores, basados en ocupación, fotosensores y personales, son características clave de ahorro de energía de los sistemas de iluminación eléctrica (consulte 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN para obtener detalles sobre cada uno de estos sistemas). Una vez instalado un sistema de iluminación, el sistema de control y el comportamiento de los ocupantes determinan en gran medida el consumo de energía. Para funcionar correctamente, los sistemas automatizados de control de iluminación deben seleccionarse, diseñarse y ponerse en funcionamiento correctamente. Para obtener mejores resultados, la puesta en servicio de los sistemas de escena, ocupación y fotosensores debe realizarse después de que se hayan amueblado los espacios. Durante el proceso de diseño se debe abordar un plan sobre cómo se pondrá en servicio y operará un sistema. Un comisionista externo suele ser responsable de este trabajo. Esta persona suele participar en la planificación y revisión de todo el proceso de diseño del edificio, para garantizar que las necesidades de los propietarios se aborden continuamente a través de un proceso de diseño integrado [15].

Dado que las necesidades y preferencias de iluminación varían según el individuo, se recomiendan controles personales o de ocupantes en la mayoría de las áreas de trabajo. Estos pueden tomar la forma de iluminación de trabajo de baja potencia con control local o un sistema de techo ajustable en una oficina privada. La capacidad de atenuar o cambiar para lograr diferentes niveles de iluminación ahorrará energía a los ocupantes que prefieren menos potencia del sistema. El establecimiento de escenas de iluminación adecuadas en espacios con control de escena mejora la flexibilidad y el rendimiento del sistema al tiempo que contribuye al ahorro de energía. La zonificación inteligente limita la parte de un sistema de iluminación que debe operarse según la ocupación o las condiciones de luz natural. Las configuraciones de control flexibles permiten ajustar la iluminación en áreas con luz natural a niveles apropiados mediante atenuación o conmutación para proporcionar ahorro de energía, incluso cuando no se instala ningún sistema de control automático de fotosensores. Los sensores de ocupación se pueden utilizar para ahorrar energía de iluminación en una amplia variedad de espacios, incluidos espacios de trabajo, aulas, salas de conferencias, salas de descanso, salas de suministros e impresión, salas de reinicio, pasillos, escaleras y espacios exteriores. Las tecnologías de apagado automático deberían apagar la iluminación cuando no sea necesaria o cuando el espacio esté desocupado. En algunos de los espacios, se prefiere la reducción a una iluminancia más baja para completar el apagado del sistema. Consultar códigos para verificar qué tipos de control están permitidos en los diferentes espacios.

Los sistemas que minimizan el tiempo de funcionamiento también pueden contribuir a prolongar la vida útil del equipo en servicio, reduciendo el desperdicio y conservando recursos mediante el reemplazo de componentes menos frecuentemente.

19.2.2.6 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El mantenimiento regular de las luminarias en forma de limpieza y cambio de lámparas ayuda a minimizar la potencia de iluminación instalada mediante la aplicación de factores de pérdida de luz más altos en los cálculos de diseño (consulte 10.7.1.2 Factores de pérdida de luz recuperables). En la etapa de diseño, saber que se implementarán buenas prácticas de mantenimiento puede resultar en que se requieran menos luminarias para mantener los valores de iluminancia objetivo, lo que reducirá los niveles de potencia de iluminación instalada, lo que conduce a un menor consumo de energía.

19.2.2.7 MATERIALES DE LA SUPERFICIE DE LAS HABITACIONES

Los diseños de edificios sostenibles a menudo intentan minimizar el uso de pinturas y aplicar materiales en su estado natural. Normalmente, la reflectancia de estos materiales es inferior a la recomendada para el diseño de sistemas de iluminación eficientes. Las reflectancias más bajas resultan en mayores costos de energía a través de niveles reducidos de luz natural y una mayor potencia del sistema de iluminación instalado. Se debe realizar un análisis de costos del ciclo de vida para determinar los efectos netos de la aplicación de superficies sin pintar versus superficies pintadas.

19.2.2.8 EMBALAJE Y TRANSPORTE

La sostenibilidad también se puede abordar en los costos ambientales asociados con el embalaje y transporte de un producto en particular desde su sitio de fabricación hasta el lugar donde se instalará. Los materiales de embalaje se pueden minimizar, utilizar materiales reciclados y ser reutilizables o biodegradables para mejorar la sostenibilidad. La especificación de productos más pequeños y livianos también puede reducir la energía necesaria para transportar estos artículos. De manera similar, comprar productos de fabricantes locales que utilicen componentes suministrados localmente reducirá la energía para el transporte.

19.3 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA E INTRUSIÓN

La contaminación lumínica implica luz que se dirige hacia el cielo, dificultando o eliminando la vista del cielo estrellado en noches despejadas (ver Figura 19.4). La invasión de luz, por otro lado, involucra luz que sale de un sitio e incide en una propiedad vecina, lo que puede considerarse una tontería. El resplandor del cielo y la invasión de la luz representan un diseño de iluminación deficiente, ya que desperdician energía al dirigir la luz a áreas distintas al objetivo previsto.

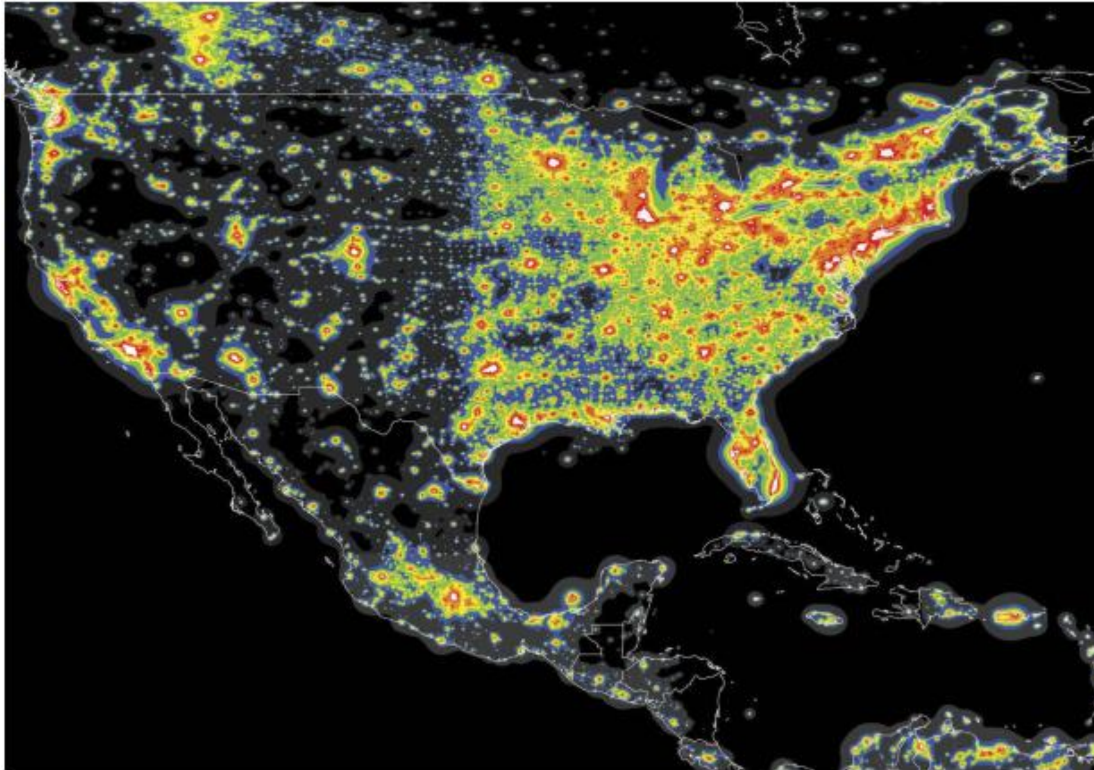


FIGURA 19.4 | MAPA DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Este mapa muestra los niveles calculados de luminancia del cielo en México, Estados Unidos y Canadá [16]. Las zonas densamente pobladas producen niveles más altos de contaminación lumínica. » Imagen ©Real Sociedad Astronómica

En la iluminación exterior de edificios, señalización, paisajismo, la contaminación lumínica y la intrusión pueden limitarse minimizando el uso de la luz a lo que es esencial para la seguridad, con iluminación decorativa limitada a acentos selectivos en lugar de iluminación con focos en áreas amplias (lo que puede mejorar el atractivo estético). así como eficiencia energética), dirigiendo la luz hacia abajo y mediante un cuidadoso control óptico. Al momento de imprimir este manual, IES y la Asociación Internacional de Cielo Oscuro están trabajando para desarrollar una Ordenanza Modelo de Iluminación (MLO) que proporcione a los municipios lenguaje sugerido y pautas para su uso en la formulación de ordenanzas locales. Los lúmenes emitidos en las zonas ascendentes del sistema de clasificación BUG pueden limitarse según la zona ambiental en esta ordenanza de iluminación exterior u otras similares (consulte 8.2.2.6 Clasificación ambiental exterior).

La intrusión de luz se puede evitar seleccionando luminarias con control óptico adecuado y aplicando un diseño que dirija la luz principalmente hacia los objetivos previstos. Los accesorios de protección pueden ayudar a eliminar la luz derramada sobre las propiedades vecinas y hacia el cielo. Tanto los sistemas ópticos bien diseñados como los temporizadores que apagan las luces a una hora predeterminada pueden ayudar a limitar tanto la intrusión lumínica como la contaminación

lumínica. Los niveles de iluminancia deben ser lo más cercanos posible a los valores recomendados por IES, evitando el exceso siempre que sea posible para minimizar el consumo de energía. Consulte la Figura 19.5 para ver un ejemplo de marquesina de gasolinera. La conmutación de dos niveles de luminarias en áreas exteriores está disponible con algunos equipos para ayudar a limitar la contaminación lumínica y ahorrar energía al reducir la iluminancia cuando las áreas no están ocupadas.

En algunas situaciones, la iluminación debe controlarse para evitar efectos perjudiciales sobre la vida silvestre [17]. Las tortugas marinas ponen sus huevos en la playa. Cuando las tortugas nacen y emergen durante la noche, se sienten atraídas por el mar, que suele ser más brillante que la tierra. Las farolas y las luces de las casas vecinas pueden hacer que las tortugas viajen tierra adentro, donde es probable que mueran. También se sabe que la iluminación exterior interrumpe el vuelo de las aves migratorias nocturnas, que pueden verse atraídas por estructuras como faros y torres de radio. Se ha demostrado que las luces que funcionan continuamente, particularmente las rojas, son las más problemáticas. Las aves pueden desorientarse y estrellarse contra la estructura o sus dispositivos de soporte. Otras criaturas que se sabe que se sienten atraídas por la luz incluyen ciertos insectos y especies específicas de murciélagos y peces. Las lámparas con radiación UV tienen una tasa de atracción más alta que las HPS, mientras que el sodio de baja presión ofrece poca atracción. Los estudios sobre mamíferos nocturnos han demostrado una reducción del movimiento y la alimentación bajo la luz de la luna llena para varias especies, lo que probablemente reduzca el riesgo de depredación. Se necesita más investigación en muchas de estas áreas para comprender mejor los efectos de los equipos de iluminación modernos, incluidas fuentes más modernas como los LED.



FIGURA 19.5 | UNA ESTACIÓN DE SERVICIO DE COMBUSTIBLE

Este sistema de iluminación fue diseñado bajo estrictos criterios de contaminación lumínica. La iluminancia en las bombas es de aproximadamente 10 fc y la mayor parte de la luz se concentra debajo del dosel. La ordenanza local de iluminación exterior se centra en proporcionar cielos oscuros limitando los lúmenes emitidos según el área del dosel. La luz indirecta de las luminarias con lentes abatibles y la marquesina proporcionan iluminación de bajo nivel para las áreas adyacentes del pavimento, pero puede contribuir a que la luz traspase las propiedades vecinas. La marquesina sirve

como óptica de corte para estas luminarias para evitar que la luz directa salga del área de la marquesina por encima de la horizontal. Las luminarias empotradas con lentes planos controlarían aún más la luz dispersa y la entrada de luz en una aplicación de marquesina. El cartel utiliza letras luminosas de colores sobre fondo negro para minimizar los lúmenes emitidos. » Imagen ©Christian Luginbuhl

19.4 EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

Los productos individuales pueden evaluarse con respecto a la sostenibilidad de varias maneras. El enfoque principal implica una técnica conocida como Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) [18] [19]. El ACV evalúa el impacto acumulativo de un producto en el medio ambiente a lo largo de su vida útil u otro período de tiempo, que se aborda a través de las siguientes cuatro etapas del ciclo de vida:

- Materias primas y su adquisición
- Fabricación y transporte
- Instalación, mantenimiento y operación
- Eliminación y reciclaje

En cada una de estas etapas, se consideran los insumos de energía y materias primas, junto con los productos que incluyen el producto deseado junto con las emisiones atmosféricas, los desechos sólidos y transmitidos por el agua y otros subproductos (ver Figura 19.6). Estas emisiones se caracterizan según su potencial de causar varios impactos ambientales como el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono y la acidificación, entre otros. Se aplica un ACV para comparar soluciones o productos alternativos para determinar cuál ofrece el menor impacto ambiental.

Se encuentran disponibles varias herramientas de software diferentes [20] [21] para abordar el ACV para materiales, productos y proyectos de construcción; sin embargo, actualmente ninguno contiene información detallada sobre sistemas o equipos de iluminación. Por lo tanto, la capacidad de realizar un ACV completo en un sistema de iluminación no es práctico para un diseñador de iluminación. Es más probable que los fabricantes tengan acceso a la información necesaria para evaluar decisiones alternativas sobre productos o materiales y algunos han realizado dichos análisis para perfeccionar sus productos y hacerlos más sostenibles. En muchas situaciones, se aplican medidas simplificadas que abordan sólo un subconjunto de las cantidades consideradas en un ACV completo. Un ejemplo es la energía incorporada: la energía total necesaria para fabricar, instalar y desechar un producto. La evaluación de las lámparas ha demostrado que la energía operativa probablemente sea muchas veces la energía necesaria para producir un producto [22], lo que explica la importancia que juega el consumo de energía en la cuantificación de la sostenibilidad de los sistemas de iluminación de los edificios (ver Figura 19.7). Una métrica similar es la huella de carbono, que consiste en las emisiones de C02 de un producto o sistema a lo largo de su ciclo de vida. La huella de carbono se aplica no sólo a los productos, sino que también puede aplicarse a entidades más grandes, como una instalación completa o incluso a un país entero. El consumo de energía está directamente relacionado con la huella de carbono, que comprende en gran medida las emisiones de dióxido de carbono (C02) procedentes de la generación de electricidad.

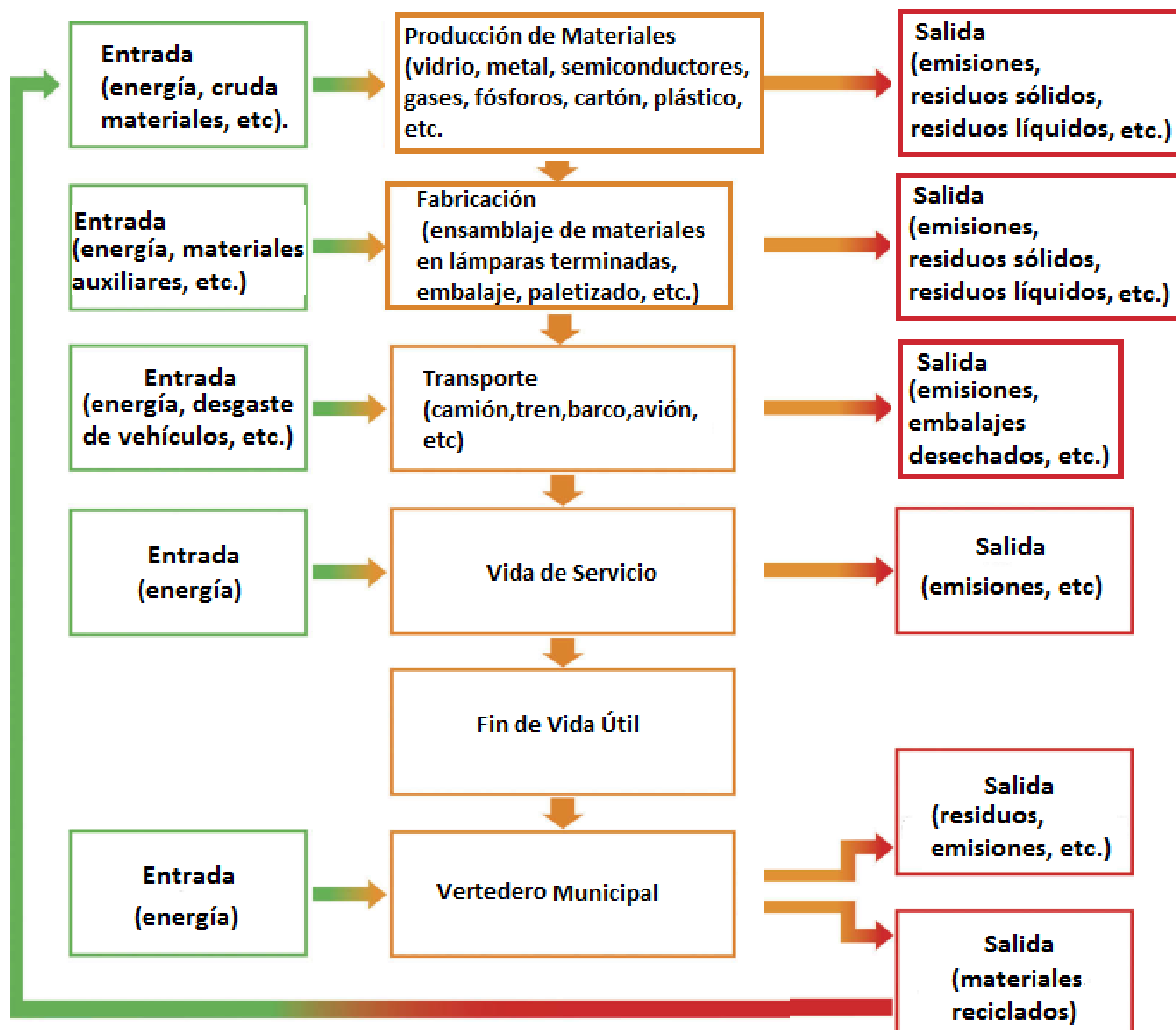


FIGURA 19.6 | ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (LCA) ENTRADAS Y SALIDAS

El LCA considera los impactos sociales, ambientales y económicos de la producción, operación y eliminación de los materiales utilizados en un sistema o producto. Este diagrama de flujo aborda los diferentes aspectos del ciclo de vida de un producto que pueden abordarse en el LCA.

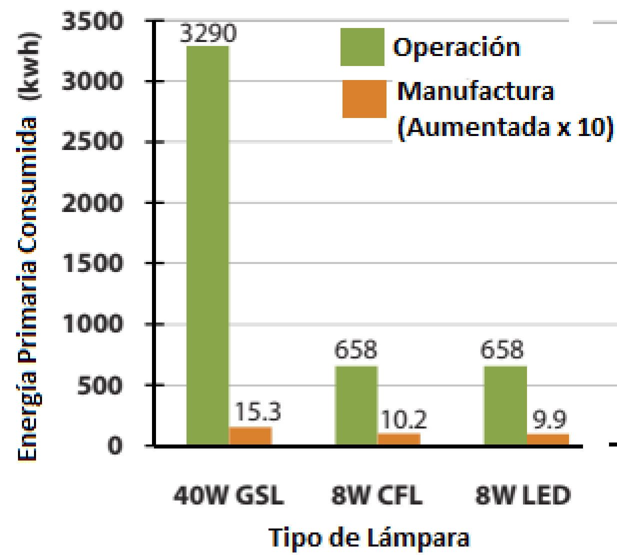


FIGURA 19.7 | CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA: USO DE LÁMPARAS VERSUS FABRICACIÓN DE LÁMPARAS

La energía primaria requerida para fabricar y operar tres tipos de lámparas (incluidas las pérdidas de balasto) durante un período de 25 000 horas se muestra para una lámpara de servicio general (GSL) de filamento de 40 W, una CFL de 8 vatios y una lámpara LED de 8 vatios. La energía de funcionamiento es 60 veces mayor que la energía de fabricación incluso para las lámparas de baja potencia y 200 veces más para una fuente de filamento. Se incluye la energía necesaria para fabricar los balastros, drivers y disipadores de calor. La corta vida útil de la GSL (1000 h) requiere un reemplazo más frecuente de esta lámpara durante la vida útil del estudio. [22]

Cuadro 19.1 | Categorías de Sostenibilidad Utilizadas en los Sistemas de Calificación de Edificios Sustentables (2010)

LEED (USGBC, CanGBC)

- Sitios sostenibles
- Eficiencia hídrica
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad ambiental interior
- Proceso de innovación y diseño

BOMA BESt / Green Globes

- Proceso de diseño integrado
- Sitio
- Energía
- Agua
- Recursos
- Gestión ambiental
- Ambiente interior

19.5 SISTEMAS, CÓDIGOS Y ESTÁNDARES DE CALIFICACIÓN DE DISEÑO DE EDIFICIOS SUSTENTABLES

Desde su lanzamiento en 1998, el Sistema de Calificación de Edificios Ecológicos de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED®) [23], desarrollado por el U.S. Green Building Council (US-GBC), ha transformado la práctica del diseño de edificios. Muchos edificios han recibido la certificación LEED y han logrado una calificación de construcción ecológica. Muchos propietarios, grandes instituciones y usuarios finales exigen ahora cierto nivel de diseño de edificios ecológicos, incluso cuando los edificios no se presentan para su reconocimiento o calificación formal. El Consejo Canadiense de Construcción Ecológica (CaGBC) opera un sistema similar en Canadá [24]. El sistema canadiense de certificación de edificios sustentables más popular es Green Globes, operado en los EE. UU. por la Green Building Initiative (GBI) [25]. Tanto LEED como Green Globes ofrecen credenciales de certificación para profesionales de la construcción. BOMA BESt de la Asociación de Propietarios y Administradores de Edificios de Canadá es un sistema similar para edificios existentes al que está suscrito el gobierno canadiense (las versiones anteriores se denominaban Go Green y Go Green Plus) [26]. El Método de Evaluación Ambiental de Establecimientos de Investigación de Edificios (BREEAM) del Reino Unido [27] se utiliza ampliamente fuera de América del Norte y se estableció unos años antes que LEED.

Estos sistemas de calificación de edificios sustentables generalmente otorgan puntos a un proyecto basándose en la inclusión o presencia de diferentes diseños sustentables y características del sitio. El número total de puntos acumulados determina el nivel de certificación alcanzado. Tanto LEED como BOMA BESt/Green Globes ofrecen cuatro niveles de premios. En el sistema Green Globes, son de uno a cuatro globos, mientras que LEED clasifica los cuatro niveles en certificados, plata, oro y platino. Dentro de estos sistemas, los puntos se otorgan actualmente dentro de las categorías que se muestran en la Tabla 19-1-

El USGBC desarrolló diferentes sistemas de calificación LEED para diferentes tipos de proyectos. A continuación se proporciona una lista de los diferentes sistemas de clasificación según el tipo de edificio. Todos ellos contienen disposiciones relacionadas con la iluminación.

• Construcción nueva (NC)

• Edificios existentes: operaciones y mantenimiento

• Interiores comerciales

• Núcleo y estructura

• Escuelas

• Comercio minorista

• Atención médica

• Viviendas

• Desarrollo de vecindarios

Cuadro 19.2 | Oportunidades de Crédito LEED-NC 2009 Relacionadas con Sistemas de Iluminación

Credit*		Puntos	Requerimientos
IEQ 6.1	Controlabilidad de los Sistemas- Iluminación	1	• Iluminación de tareas/control individual para el 90 % de los ocupantes • Controles flexibles en espacios compartidos
IEQ 8.1	Luz Diurna y Visuales- Luz Diurna	1 (1-2 SC) 2	• Cobertura de luz natural: 75 % de los espacio ocupados regularmente • Cobertura de luz natural: 90 % de los espacios ocupados regularmente
IEQ 8.2	Luz Diurna y Visuales-Visual	1	• Línea de visión directa al exterior a través de acristalamiento de visión desde el 90 % de superficie regularmente ocupada
SS 8	Reducción de la Contaminación por Luz	1	• Limite la luz interior transmitida al exterior desde las 11 pm hasta 5 am. • Exterior iluminar solamente aquellas áreas necesarias para seguridad y comodidad, limite la luz directa sobre la horizontal. • Exterior: limite la iluminación en el límite de la propiedad.
EA Prereq 1	Puesta en marcha fundamental de sistemas energéticos de edificios	-	• Requerido
EA Prereq 2	Rendimiento energético mínimo	-	• Los costos de energía son un 10 % más bajos que los del edificio de referencia.
EA 1	Optimizar el rendimiento energético	1 to 19	• Los puntos se basan en el ahorro de energía en relación con un edificio de referencia y se aplican a todos los sistemas de construcción que consumen energía.
EA 3	Puesta en marcha mejorada	2	• Participación temprana del agente encargado de la puesta en servicio.

* IEQ = Calidad Ambiental Interior, SS = Sitio Sostenible, EA = Energía y Atmósfera

Para LEED NC, se necesita un total de 40 puntos para lograr el nivel de certificación LEED más bajo, además de cumplir con los requisitos previos específicos. Los créditos actualmente disponibles en 2009 LEED-NC [23] que se relacionan con sistemas de iluminación se enumeran en la Tabla 19.2. Es probable que estos cambien con cada revisión del sistema de calificación. Además de los sistemas de calificación de edificios, ahora se encuentran disponibles o están a punto de completarse estándares de construcción de edificios sustentables. Estos documentos están escritos en lenguaje codificado para ser adoptados por los municipios locales. La norma ANSI/ASHRAE/USGBC/IES 189.1 [28] se publicó en enero de 2010 y el Código Internacional de Construcción Ecológica (IgCC) [29] está actualmente en desarrollo y se prevé publicarlo en 2012. Estos códigos contienen requisitos para densidades de potencia de iluminación, controles de iluminación (interior y exterior), cobertura de luz natural en espacios ocupados, reciclaje de lámparas, contaminación lumínica y puesta en marcha del sistema. La norma 189.1 contiene disposiciones obligatorias, así como un enfoque tanto prescriptivo como basado en el desempeño para abordar el cumplimiento de las disposiciones del código. El enfoque prescriptivo implica cumplir requisitos o métricas de rendimiento relativamente simples, mientras que el enfoque de rendimiento implica una simulación de luz natural y un modelado energético más detallados. El IgCC en su borrador actual tiene varias optativas de proyecto, así como optativas jurisdiccionales. Las optativas de proyecto permiten a los diseñadores flexibilidad para cumplir con el cumplimiento proyecto por proyecto, mientras que las optativas jurisdiccionales deben ser establecidas por una autoridad que tenga jurisdicción para todos los proyectos en un estado o territorio. El Estándar 189.1 es una de las optativas jurisdiccionales del IgCC. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos proporciona una etiqueta Energy Star para edificios cuyo rendimiento energético documentado los sitúa en el 25% superior del parque de edificios existente de un tipo similar [29]. El sistema de calificación utilizado para evaluar el desempeño es la intensidad de uso de energía de la fuente (EUI), medida en energía de la fuente por unidad de superficie del edificio por año (kBtu/ft^2/año). El sistema tiene en cuenta las diferencias en las condiciones de ocupación y funcionamiento, los datos meteorológicos regionales, las fuentes de combustible y otros detalles entre diferentes edificios. El conjunto de datos de edificios existentes se toma de la Encuesta de consumo de energía de edificios

comerciales (CBECS), una encuesta nacional de edificios que se realiza cada cuatro años. Una etiqueta Energy Star se aplica a un año específico de operación y la renovación se basa en el desempeño documentado en años futuros en relación con la evaluación más actual de un parque de edificios similar.

19.6 REFERENCIAS

[1] U.N. 1987. World Commission on Environment and Development: Our common future. [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm.

[2] Loeffler M. 2002. Sustainable design-getting the green light, Archit Light. 17(1):27-29.

[3] IES Sustainable Lighting Committee. 2010. DG22 -Design guide for sustainable lighting: an introduction to the environmental impacts of lighting. New York: IESNA.

[4] McDonough W and Braungart M. 2002. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York: North Point Press.

[5] D&R International, Ltd. 2009. Buildings energy data book. U.S. Department of Energy; [cited on 2010 Oct 16]. Available at http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/docs%5CDataBooks%5C2009_BEDB_Updated.pdf.

[6] European Lamp Companies Federation. 2010. About lamps and lighting: material composition. [cited on 2010 Jun 15]. Available at http://www.elcfed.org/2_lighting_composition.html.

[7] IES. 2009. IES position statement, integrated building design (PS-01-09). New York: IESNA.

[8] Maniccia D, Rutledge B, Rea MS, Morrow W. 1999. Occupant Use of Manual Lighting Controls in Private Offices. J Illum Eng Soc. 28(2):42-56.

[9] Boyce PR, Eklund NH, Simpson SN. 2000. Individual lighting control: task performance, mood, and illuminance. J Illum Eng Soc. 29(1):131-142.

[10] Newsham GR, Mancini S, Veitch JA, Marchand R\G, Lei W, Charles KE, Arsenault CD. 2009. Control strategies for lighting and ventilation in offices: effects on energy and occupants, Intelligent Buildings International. 1(2):101-121.

[11] NEMA. 2005. Fluorescent and other mercury-containing lamps and the environment. [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.nema.org/gov/env_conscious_design/lamps/upload/Lamp%20Brochure%20Final%203%2005.DOC.

[12] Philips. 2010. Alto lamp technology - T8 collection. [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.lighting.philips.com/us_en/browseliterature/download/ 5569_altot8.pdf.

[13] Gydesen A and Maimann D. 1991. Life cycle analysis of integral compact fluorescent lamps versus incandescent lamps. Proceedings of Right Light 1991, Stockholm.

[14] Navigant Consulting, Inc. 2010. Energy savings potential of solid-state lighting in general illumination applications 2010 to 2030. [cited on 2010 Jun 20]. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ ssl_energy-savings-report_10-30.pdf.

[15] The Building Commissioning Association. 2008. Best practices in commissioning existing buildings. [cited on 2010 Jun 30]. Available at http://www.bcxa.org/downloads/bca-ebcx-best-practices.pdf.

[16] Cinzano P, Falchi F, Elvidge CD. 2001. The first world atlas of the artificial night sky brightness. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 328:689-707.

[17] Rich C, Longcore T (Ed.). 2006. Ecological consequences of artificial night lighting. Washington, DC: Island Press.

[18] ISO. 2006. ISO 14040:2006 Environmental Management: Life Cycle Assessment-Principles and Framework. [cited on 2010 Jun 30]. Available at http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37456ISO.

[19] ISO. 2006. ISO 14044:2006 Environmental management: life cycle assessment-requirements and guidelines. [cited on 2010 Jun 30]. Available at http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37456ISO.

[20] NIST-BFRL. 2010. BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) software. NIST; [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm.

[21] Athena Institute. 2010. ATHENA impact estimator for buildings. [cited on 2010 Jun4]. Available at http://www.athenasmi.org/tools/impactEstimator.

[22] OSRAM Opto Semiconductors GmbH, and Siemens Corporate Technology. 2009. Life Cycle Assessment of Illuminants: A Comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps. OSRAM.

[23] USGBC. 2009. LEED reference guide for green building design and construction. Washington: USGBC.

[24] Canada Green Building Council. 2009. LEED Canada reference guide for green building design and construction. Ottawa: Canada Green Building Council.

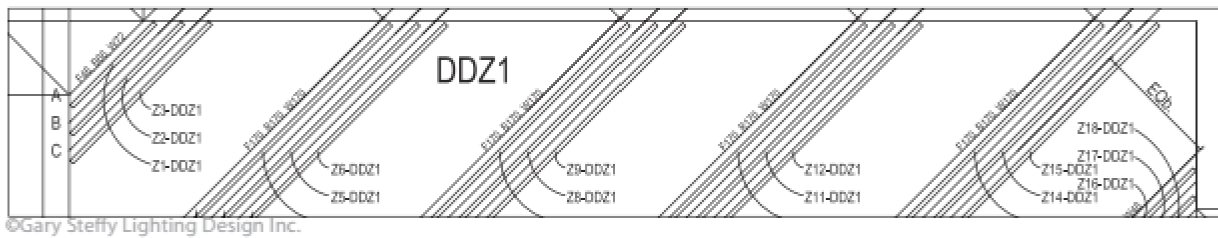
[25] ECD Jones Lang LaSalle. 2010. Green Globes. [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.greenglobes.com/.

[26] BOMA of Canada. 2010. BOMA BEst. [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.bomabest.com.

[27] Building Research Establishment. 2010. BREEAM: the environmental assessment method for buildings around the world. [cited on 2010 Jun 4]. Available at http://www.breeam.org.

[28] ASHRAE and USGBC. 2009. Standard for the design of high-performance green buildings except low-rise residential, ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1. Atlanta: ASHRAE.

[29] International Code Council. 2010. International green construction code, public version 1.0. Country Club Hills, IL: ICC.



20 | DOCUMENTOS CONTRACTUALES

Toda la diferencia entre construcción y creación es exactamente ésta: que una cosa construida sólo puede ser amada después de haber sido construida; pero lo creado es amado antes de existir. Charles Dickens

CONTENIDO

La calidad de la documentación determina en última instancia la calidad y el éxito del diseño de iluminación terminado. Documentar un diseño con fines de construcción requiere una preparación cuidadosa de planos, detalles y especificaciones. El objetivo son documentos contractuales (CD) que sean claros, concisos e inequívocos. Este capítulo identifica los principales componentes involucrados en los documentos contractuales de iluminación. Por lo general, se utilizan como parte del paquete de documentos del proyecto entregados a los contratistas para su licitación y luego se utilizan para la adquisición y la instalación. Los esfuerzos de diseño descritos en los capítulos anteriores culminan aquí.

20.1 RESPONSABILIDADES

El miembro del equipo que actúa como diseñador de iluminación se encarga de documentar el diseño de iluminación. Como se señaló anteriormente, ese miembro del equipo puede tener otras responsabilidades del proyecto, como la de arquitecto, diseñador de interiores o ingeniero eléctrico. Lo que sigue es una guía para documentar un diseño de iluminación. Los miembros del equipo responsables de arquitectura, interiores e ingeniería eléctrica tienen otras tareas que no necesariamente se describen aquí, pero que respaldan o están relacionadas con la documentación del diseño de iluminación. Esas otras tareas incluyen, por ejemplo, el desarrollo de elevaciones, secciones, detalles, requisitos de montaje y soporte, integración con otros sistemas y dispositivos, iluminación de seguridad humana, circuitos y diseños

detallados de dispositivos y equipos de control y especificaciones relacionadas con la iluminación. Las tareas y responsabilidades deben abordarse en las propuestas de honorarios y alcances del proyecto y aclararse mucho antes de que comience el diseño de iluminación. El alcance específico o los requisitos jurisdiccionales, incluido el cumplimiento del código, dictarán cuál de los miembros del equipo de diseño es responsable del desarrollo, revisión y entrega de parte o toda la documentación. Ver Tabla 11.1 | Ejemplo de Alcance de Iluminación y Entregables. La coordinación de responsabilidades, la preparación de la documentación y la programación de los esfuerzos de trabajo son necesarias antes del comienzo del proyecto. Un organigrama de proyecto normalmente pone la función de diseño de iluminación en perspectiva con otras funciones de diseño e ingeniería. [1]

Los documentos contractuales presentados aquí no identifican todos los detalles específicos necesarios para abordar la variedad de tipos de proyectos que normalmente se encuentran. Por ejemplo, la documentación de una nueva construcción no necesita abordar los caprichos de las condiciones existentes o las condiciones que pueden encontrarse una vez que ocurre la demolición en proyectos de renovación o restauración. El diseñador debe coordinar el esfuerzo de documentación con el tipo de proyecto según lo determine el profesional autorizado o registrado a cargo.

Los procedimientos descritos aquí tienen como objetivo promover la práctica del diseño de iluminación por parte de cualquier miembro del equipo que desempeñe el rol de diseñador de iluminación. El enfoque de este manual está en lo que se debe hacer, en lugar de lo que tradicionalmente se ha hecho y aceptado como diseño de iluminación.

20.2 DOCUMENTACIÓN

La función de diseño de iluminación del miembro del equipo encargado de ese esfuerzo implica la preparación de documentación que describe, especifica e ilustra la solución de iluminación. Esta documentación puede ser referenciada o subsumida parcial o totalmente por otras disciplinas, como arquitectura, ingeniería, arquitectura paisajista o diseño de interiores o puede permanecer como material independiente. En cualquier caso, la integridad de los documentos es crucial para que todos comprendan el diseño de iluminación. Todos son los participantes en el diseño, ingeniería, adquisición e instalación, incluidos arquitecto, diseñador de interiores, ingeniero eléctrico, consultor de iluminación, propietario, ingeniero energético, consultor de sostenibilidad, representante de iluminación, fabricante de iluminación, contratista y distribuidor. Los documentos no deben dejar dudas de que alterar cualquier componente de cualquier manera puede ser perjudicial para algunos, muchos o todos los requisitos de programación y puede tener un efecto dominó en los diseños y la documentación de otras disciplinas.

Los documentos del contrato de iluminación deben incluir dibujos y especificaciones, hojas de corte y cronogramas preestablecidos iniciales. Si alguno de estos documentos no tiene suficiente integridad, el resultado final puede ser decepcionante debido a alguno o todos de estos resultados: 1) sustituciones inapropiadas, 2) adquisición de equipo incorrecto, 3) equipo pasado por alto; 4) diseños incongruentes, 5) orientación errónea, 6) controles codificados, 7) ahorros de energía no cumplidos y 8) clientes insatisfechos.

Otro componente de la documentación de iluminación implica la revisión de al menos documentos clave preparados por miembros del equipo que desempeñan otras funciones. Por ejemplo, se debe verificar que la iluminación natural, la integración de la iluminación eléctrica en el conjunto de planos eléctricos, las secciones, elevaciones y detalles relacionados con la iluminación se ajusten a la intención del diseño de iluminación.

Lo que sigue es indicativo de la documentación necesaria para transmitir el diseño de iluminación y describir los requisitos y expectativas del contratista.

20.3 DIBUJOS

Los planos son los dibujos más comunes que forman parte de la documentación de iluminación. Además, pueden ser necesarios elevaciones, secciones y detalles arquitectónicos. Los planos intentan ilustrar la disposición de los equipos de iluminación, identificar tipos de luminarias, establecer zonas de control e indicar los dispositivos de control. Los alzados, secciones y detalles arquitectónicos elaboran elementos específicos para los cuales el plano y las especificaciones no proporcionan claridad de intención.

20.3.1 PLANES DE ILUMINACIÓN

En última instancia, los planos de iluminación deben documentar toda la iluminación del proyecto. Pueden surgir debates sobre la interpretación de los planos de techo reflejados (RCP) y qué información de iluminación debe aparecer en los RCP. Sin embargo, los planos deben transmitir al equipo, al cliente, a las autoridades jurisdiccionales y al contratista todos los equipos de iluminación a instalar. Estos planos también son la base para el conjunto de documentos conforme a obra del cliente que identifican todos los equipos de iluminación que se deben mantener. Por tanto, no sólo se deben mostrar los equipos de iluminación en y sobre el cielorraso, sino también la iluminación en y sobre las paredes, en y sobre las carpinterías y otros elementos empotrados y exentos y en y sobre los suelos. El equipo debe resolver en qué planos se mostrarán estos diferentes tipos de luminarias y cómo se etiquetarán dichos planos. Las hojas EL, que utilizan el estándar nacional CAD “E” para “Eléctrico” y “L” para “Iluminación”, son un medio para transmitir todos los equipos de iluminación en un solo conjunto de planos. [2]

Dada su influencia y dependencia de las configuraciones arquitectónicas, los elementos de iluminación natural son parte de la arquitectura inherente y por lo tanto, se detallan en los planos arquitectónicos y en las especificaciones arquitectónicas. Esto incluye aberturas de luz natural, acristalamientos, sombras y configuraciones y reflectancias de superficies. Estos componentes arquitectónicos de iluminación natural deben ser evidentes en los fondos arquitectónicos utilizados para los planos de iluminación y se utilizan inevitablemente como ubicaciones de referencia para el desarrollo de diseños de iluminación eléctrica y zonificación de control. Las hojas EL o el trabajo representado en ellas pueden incluirse en hojas arquitectónicas y eléctricas. Por ejemplo, el ingeniero eléctrico puede mostrar información de zonificación de control en hojas eléctricas junto con los circuitos. Reiterando, la división del trabajo y qué información se muestra dónde deben establecerse temprano en el proceso de diseño. Reiteramos también que el esquema aquí intenta identificar toda la documentación necesaria para ilustrar el diseño de iluminación en su totalidad y no propone qué disciplinas muestran qué parte del trabajo y en qué documentos. Los planos de iluminación deben incluir luminarias, sus tipos, ubicaciones y zonas de control. La Tabla 20.1 identifica los componentes del dibujo del plano para una implementación típica en 2D. Los estándares nacionales CAD y los conjuntos de símbolos estándar ANSI-IES ofrecen símbolos básicos. Sin embargo, grados adicionales de información visual son apropiados en una época en la que el despliegue preciso de la iluminación es crucial para su funcionamiento eficiente y efectivo. [3] [4] Los símbolos entre disciplinas requieren coordinación desde el principio del diseño para evitar, por ejemplo, que los símbolos de luminarias coincidan con los símbolos de dispositivos mecánicos. Las figuras 20.1a, 20.1b, 20.1c y 20.Id presentan un conjunto de símbolos de luminaria visualmente informativos para la planificación 2D principalmente para iluminación interior. Las figuras 20.2a y 20.2b presentan un conjunto para iluminación exterior. La figura 20.3 presenta símbolos de control. Este detalle en la designación del diseño también puede servir como control de calidad y confirmación de la intención del diseño durante la documentación, cuando las luminarias se ven frente a los fondos arquitectónicos y paisajísticos finales. CAD permite la implementación inmediata de estos símbolos visualmente informativos. Una representación más literal de la luminaria en planta ayuda a distinguir una variedad de otra. Dado que es probable que los instaladores en el campo sólo hagan referencia a los planos, cuanto más concisa sea la información que se pueda transmitir en el plano, mejor. A medida que avanzan las tecnologías y técnicas de iluminación adicionales, se pueden emplear adornos y símbolos adicionales para distinguir estas variaciones. La copia impresa del plano de iluminación se puede realizar con la

información de iluminación impresa en negro normal, mientras que la información de fondo está en medios tonos, como se ejemplifica en la Figura 20.4.

Los símbolos para CAD tridimensional deben ser representaciones 3D a escala de sus homólogos del mundo real. Los proveedores de luminarias ofrecen símbolos de modelado de información de construcción (BIM) de sus respectivas y diversas luminarias. Si bien esto minimiza el tiempo que los diseñadores dedican a desarrollar modelos 3D de selecciones específicas, sin darse cuenta pueden identificar formas y dimensiones que no son del todo representativas de todas las marcas especificadas. Al inicio de los proyectos en los que se requiere CAD 3D, se debe establecer un conjunto genérico de modelos de luminarias 3D que abarque el estilo aproximado de las familias de luminarias y proporcione los tamaños máximos previstos. A medida que avance el proyecto, estos modelos de luminarias deberán perfeccionarse. Después de varios proyectos de este tipo, estará disponible una sólida biblioteca de modelos de luminarias. Los modelos deben representar características tridimensionales de posibles candidatas a luminarias, cubriendo el rango del número de versiones aceptables. Se necesita un modelado completo y bastante preciso si se van a emplear la detección de conflictos, el ajuste y las representaciones. La Tabla 20.2 describe algunas características típicamente incorporadas e integradas en los modelos de luminarias 3D que se usan comúnmente en modelos de construcción BIM o CAD 3D. Cuanto más detallada sea esta información, mayor será el riesgo de error si esta misma información se incluye en las especificaciones de las luminarias, ya que esto exige que la información sea rastreada y transcrita con precisión en más de una ubicación. Que esta información resida únicamente en el modelo 3D corre el riesgo de que los contratistas no hagan referencia a las especificaciones, que es donde se coloca información más completa sobre la instalación, orientación, iluminación, acabado, orientación y similares de las luminarias. Además, en pocos campos los instaladores tienen acceso o desean dotarse del equipo y las habilidades necesarias para ver e interpretar los modelos informáticos 3D en el campo. Claramente, un desafío que va mucho más allá de la iluminación y que debe dejarse en manos de arquitectos, clientes y contratistas para coordinarlo y resolverlo. Los diseños de luminarias incluyen ubicaciones y designaciones de tipo acotadas o dimensionalmente obvias. Cuando las luminarias se encuentran en una construcción no modular, como paneles de yeso, yeso, madera, piedra, niveles y planos de tierra, se deben dimensionar sus ubicaciones. De lo contrario, el contratista o instalador podría inclinarse por utilizar planos a escala, lo que, generalmente, aumenta el riesgo de error. Cuando las luminarias tienen una construcción modular, como en los cielosrrasos de rejilla estandarizados, la ubicación de las luminarias es dimensionalmente obvia a menos que no estén centradas en el módulo de cielorraso, en cuyo caso las dimensiones son necesarias. La Figura 20.4 ilustra un diagrama de iluminación en condiciones de paneles de yeso y cielorraso empotrado. Los esfuerzos de coordinación los realizan el arquitecto y el ingeniero, quienes pueden desempeñar el papel de diseñador de iluminación. El plano de iluminación generalmente se superpone al RCP arquitectónico y luego la iluminación se coordina con señales de salida, señalización, iluminación de salida independiente, rociadores, parlantes, juntas de expansión, difusores mecánicos, detectores de humo, sensores de ocupación, dispositivos de seguridad como detectores de rotura de vidrios y otros detectores de intrusos, dispositivos de vigilancia tales como cámaras, dispositivos de servicio inalámbrico, detectores de control remoto tales como los necesarios para algunas configuraciones de control de iluminación, proyectores, paneles de acceso y similares. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones, el diseño de iluminación probablemente tendrá prioridad sobre los diseños de otros sistemas, ya que la iluminación generalmente se planifica tanto para su desempeño funcional como para sus efectos visuales: cualquier luminaria descentrada de obras de arte o paredes destacadas o características arquitectónicas distinguidas o diseños de muebles o las configuraciones de piso y cielorraso típicamente crean un efecto visual asimétrico obvio e indeseable y también pueden exhibir deficiencias funcionales. Incluso cuando otros sistemas parecen considerarse prioritarios, se justifica una revisión de las tecnologías y los efectos a largo plazo. Es probable que los sistemas de iluminación estén en el lugar durante décadas antes de su actualización o reemplazo. Otras tecnologías, como cámaras o equipos audiovisuales, pueden quedar obsoletas y es más probable que se reemplacen en unos pocos años. Cambiar la distribución y los efectos de un sistema permanente, como la iluminación, para dar cabida a sistemas más efímeros puede no ser una solución viable a largo plazo.

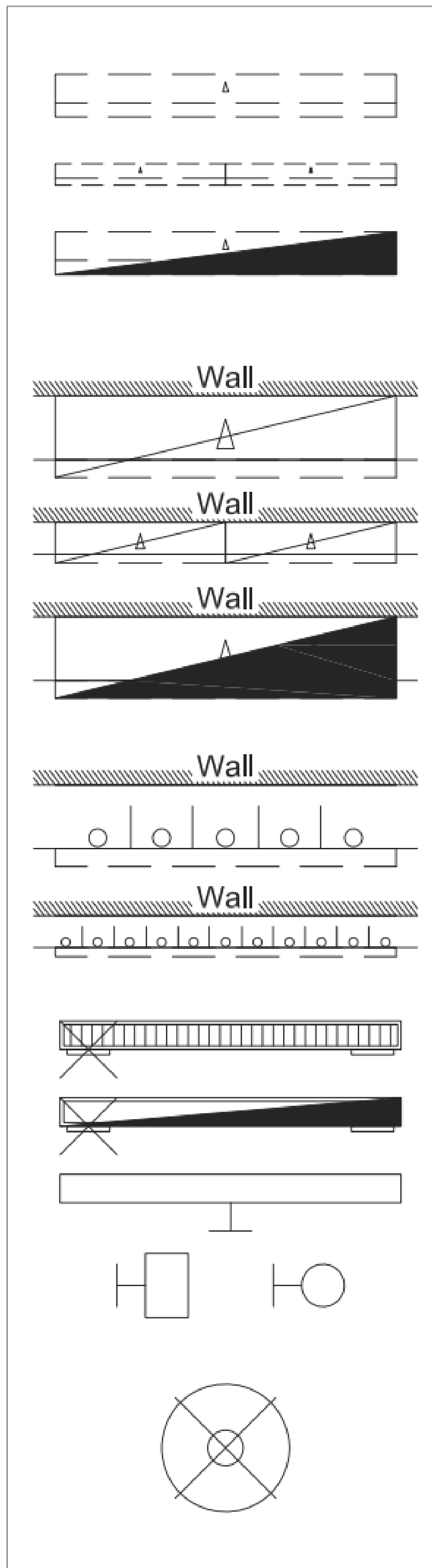


FIGURA 20.1C | LUMINARIAS DE ENSENADA, RANURA, DE MONTAJE EN PARED Y COLGANTES CONJUNTO DE SÍMBOLOS 2D

Ensenada (detalle de iluminación indirecta)

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma de las unidades individuales

• repita las unidades según sea necesario para transmitir la intención del diseño (unidas de extremo a extremo como se muestra para limitar / evitar sombras en los casquillos de esquina frontal a esquina frontal para curvas interiores y de esquina posterior a esquina posterior para curvas exteriores)

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para mayor claridad visual con líneas discontinuas para indicar que la luminaria está encima del cielorraso visible

• use punteros para indicar la orientación de luminarias asimétricas

• con relleno diagonal para indicar iluminación de emergencia

Wallslot (pared rasante) de fuente lineal (fluorescente, LED lineal)

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma de las unidades individuales

• repita las unidades como necesario para transmitir la intención del diseño para el diseño

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para mayor claridad visual con líneas discontinuas para indicar la parte de la luminaria que está por encima del techo visible (generalmente el desplazamiento para la posición de la lámpara)

• use punteros para indicar la orientación hacia la pared siendo rozado

• con relleno diagonal para indicar iluminación de emergencia

Wallslot (pared rasante) desde una fuente puntual (CMH, halógeno/RLV, LED)

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma de las unidades individuales, mostrando lámparas y deflectores individuales

• repita las unidades según sea necesario para transmitir la intención de la lámina para el diseño

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para mayor claridad visual con líneas discontinuas para indicar la parte de la luminaria que está por encima del cielorraso visible

• use líneas para indicar los deflectores si se usan entre las lámparas

• con relleno diagonal para indicar iluminación de emergencia (no se muestra)

Luminarias montadas en la pared

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para la visibilidad en el plano

• cajas pequeñas y/o brazos representan ubicaciones de puntos de montaje/soportes, coincidan con el diseño para corresponder con la intención del diseño

• 'X' se usa para indicar la(s) ubicación(es) de alimentación eléctrica cuando es necesario

• usa líneas para representar características identificables de la luminaria, como deflectores o rejillas, configuración de lentes o puertas y tapas de extremo

• con relleno diagonal para indicar iluminación de emergencia

Luminarias colgantes

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para la visibilidad en el plano

• use líneas para representar características identificables de la luminaria, como rejillas de anillos concéntricos, lentes, protectores de lámparas

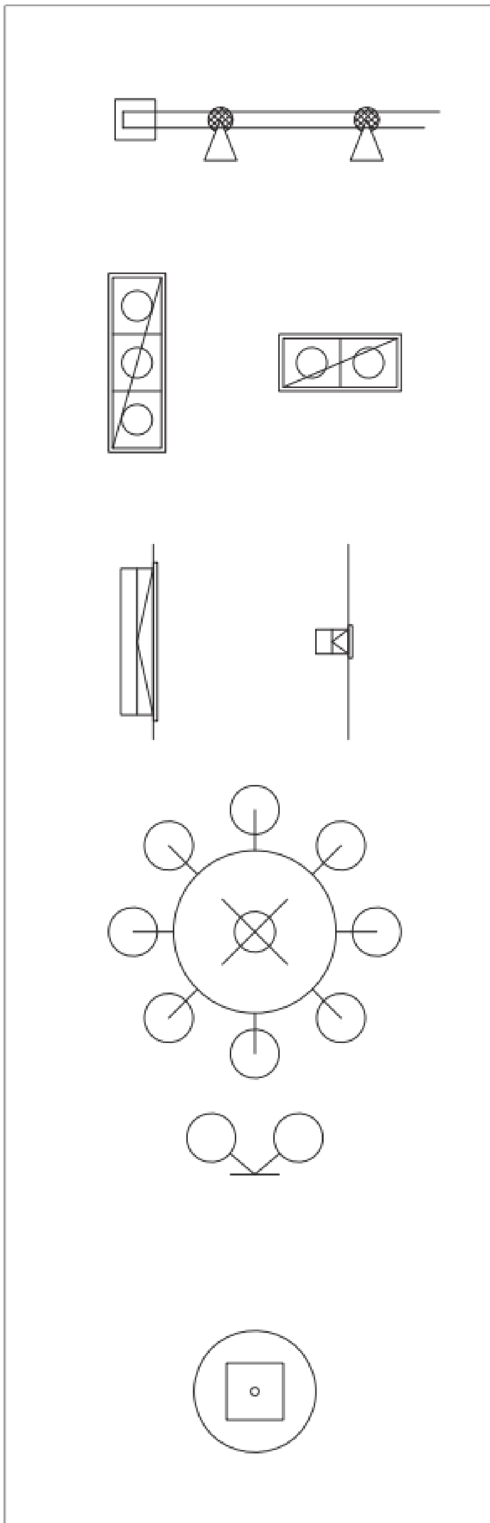


FIGURA 20.1 D | CONJUNTO DE SÍMBOLOS 2D DE LUMINARIAS VARIADAS Y DIVERSAS

Riel • dibuje el símbolo, incluida la ubicación de la alimentación eléctrica, para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• utilice el triángulo isósceles para orientar la pata corta en la dirección de proyección de la luz para luminarias de riel

Detalles de múltiples lámparas

• dibuje un símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use la punta de flecha direccional para indicar la dirección de orientación de cada lámpara, si se conoce (no se muestra)

• línea diagonal (desde la parte inferior izquierda hasta arriba a la derecha) para indicar empotrado

Luminarias empotradas en la pared (luces de paso, luces indirectas, apliques empotrados, indicadores, luces nocturnas)

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

Lámparas de araña y luminarias colgantes tradicionales

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use líneas adicionales para representar características identificables de la luminaria, como globos festoneados, configuraciones de cuencos, diseños de lámparas dentro de cuencos, pantallas y dimensionalidad del soporte

Luminarias con soporte de pared tradicionales

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use líneas adicionales para representar características identificables de la luminaria, como globos festoneados, número de globos, cortinas y dimensionalidad del soporte

Luminarias tipo torchiere (pedestal) tradicionales

• dibujar símbolos para que coincidan con el tamaño y la forma

• ajustar la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• usar líneas adicionales para representar características identificables de la luminaria, como configuraciones de cuencos, diseños de lámparas dentro de los cuencos, pantallas, dimensionalidad de los soportes , y pies

Tabla 20.2/ Componentes de Luminarias 3D

Parámetro	Distinción
Físico	Luminaria • tipo (designación) • largo • ancho • alto • configuración geométrica • detrás de la superficie • proyectada desde la superficie
	Proyección de fijación • longitud de suspensión desde el cielorraso • longitud de proyección desde la superficie
Eléctrico	Datos eléctricos • potencia de entrada • voltaje
	Datos de luminaria • balasto • factor de balasto • acabado • tipo de lámpara
Específico	Información para realizar pedidos • catálogo(s) de proveedor(es) • acabado • accesorios
Enlaces	Información adicional • a fotometría • a hoja(s) cortada(s) • a especificación(es)

20.3.2 ALZADOS

El arquitecto, arquitecto paisajista y diseñador de interiores generan alzados que ilustran dispositivos, mobiliario, detalles arquitectónicos y otros objetos dimensionales. Estos deben incluir equipos de iluminación como apliques de pared, luces de paso, pasamanos iluminados, candelabros, colgantes y dispositivos de control. En combinación con los planos, estas elevaciones aclaran las ubicaciones verticales y horizontales y se utilizan para coordinar con las alturas de los techos, las batientes de las puertas, las jambas o carpinterías de puertas y ventanas y las calas y plafones. Las elevaciones también ayudan al equipo a comprender, coordinar y recopilar todo tipo de objetos y dispositivos para lograr una apariencia limpia y ordenada y una mayor comodidad operativa. Los dispositivos de control de iluminación pueden estar agrupados o al menos espaciados simétricamente con respecto a otros dispositivos tales como controles ambientales, controles de volumen, botones de llamada, paneles de seguridad y similares. Los dispositivos de control de iluminación deben

espaciarse de acuerdo con los requisitos de los respectivos proveedores en cuanto a disipación de calor o funcionalidad. Si el arquitecto, paisajista o diseñador de interiores no diseña la iluminación, entonces se requiere del diseñador de iluminación la información dimensional adecuada para la ubicación de las luminarias.

20.3.3 SECCIONES Y DETALLES

Para mayor claridad, el arquitecto, el arquitecto paisajista y el diseñador de interiores generan secciones y detalles. Cuando sea apropiado para cumplir con los requisitos de programación, se incluye iluminación en cornisas, ranuras, nichos, estanterías y detalles de carpintería. Para asegurar el posicionamiento y orientación adecuados de las luminarias, los detalles de iluminación muestran dimensiones, posiciones y orientaciones críticas para cumplir con los requisitos de desempeño anticipados para el proyecto, ejemplificados en la Figura 20.5. Aunque el detalle conceptual ilustrado en la Figura 20.5 puede incluirse como parte de la especificación de iluminación para una referencia conveniente del contratista, muchas veces estos detalles se incluyen en detalles arquitectónicos en hojas arquitectónicas para que todos los oficios tengan acceso a información detallada y precisa.

20.3.4 CRONOGRAMAS DE LUMINARIAS

Los cronogramas de luminarias son un artefacto de una época pasada. Por su propia naturaleza, los cronogramas de luminarias son breves y normalmente están integrados en hojas de dibujo. Los cronogramas tienden a transmitir información insuficiente. Estos ofrecen poca o ninguna orientación sobre parámetros clave de instalación, como las longitudes totales de suspensión en relación con las alturas de techo dadas, las confirmaciones de dimensiones en campo por parte del contratista de los detalles arquitectónicos que se adaptan a la iluminación y los esfuerzos de coordinación entre el contratista y otras partes relacionadas. La simplicidad de un cronograma implica que las sustituciones tienen poca importancia. Es necesaria una especificación de iluminación que detalla las características destacadas, dimensiones, características operativas, balasto y requisitos de control e instalación junto con los procedimientos de sustitución. La iluminación ahora debe cumplir con los requisitos de LPD, energía, rendimiento de todo el edificio y códigos, además de una serie de otros criterios analíticos y estéticos establecidos durante el proceso de diseño. Hay muy poco margen para los caprichos de “o iguales” según lo determinen personas distintas a los diseñadores para abordar todos estos aspectos. Además, si los cronogramas se utilizan junto con los requisitos más detallados de las especificaciones, los primeros presentan un problema de gestión de riesgos: dos lugares en los documentos del contrato que deben contener información idéntica y por lo tanto, deben actualizarse simultáneamente cada vez que se revisa uno de ellos. En proyectos pequeños, se puede garantizar un cronograma simple que no identifique el número de catálogo de luminaria o lámpara para referencia jurisdiccional y del equipo. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 20.4. De lo contrario, las especificaciones son un medio superior para transmitir toda la información destacada sobre el equipo requerido y su instalación.

20.4 ESPECIFICACIONES

Las especificaciones de iluminación cubren una lista completa de requisitos relacionados con lámparas, balastos, controladores, transformadores, luminarias, adquisiciones, equipos específicos de proveedores específicos, manuales de instalación, operación y mantenimiento, garantías y entrega de productos terminados. Semejante volumen de información es demasiado oneroso para resumirlo en un programa o dibujo de luminarias. Las especificaciones siguen formatos de la industria, en particular los adoptados por el Instituto de Especificaciones de Construcción (CSI) y Especificaciones de Construcción de Canadá en MasterFormat* [5]. Aunque el formato se revisó significativamente en 2004, algunos gerentes de proyecto y clientes se suscribieron a la versión de 1995, cuyo soporte y licencia fueron descontinuados por CSI el 31 de diciembre de 2009. La división eléctrica, en la que la iluminación es una subdivisión, fue numerada 16 para la edición en formato 1995 y 26 para las ediciones en formato 2004 y posteriores. Dependiendo de la

profundidad y amplitud del trabajo eléctrico del proyecto, la especificación de iluminación generalmente abarca 26 50 00.

La Tabla 20.3 identifica la numeración formal y las subdivisiones de iluminación asociadas. Se deben hacer referencias específicas en las especificaciones de iluminación a otras secciones de especificaciones relevantes y de apoyo, como aquellas para iluminación de gas o aquellas relacionadas con componentes complementarios e integración de sistemas, como conjuntos de cielorrasos integrados, cielorrasos luminosos, letreros de paneles iluminados, pasamanos iluminados cuando estos tipos de sistemas se emplean. Hay varios tipos de especificaciones, pero para los propósitos de esta discusión se consideran dos tipos básicos: de desempeño y prescriptivos. Las especificaciones de rendimiento citan los parámetros de rendimiento cualitativos y cuantitativos de una luminaria determinada que se consideran necesarios durante el diseño, pero permiten a otros determinar qué productos cumplen con estos parámetros de rendimiento. Esta especificación normalmente define la forma y perfil de la luminaria, dimensiones, material, construcción, acabado, medios ópticos y rendimiento, tipo de lámpara, potencia, balasto, transformador o tipo de controlador, aspectos de control, acceso al compartimiento de la lámpara, medios de suspensión, etc. El diseñador debe tener cuidado de no incorporar detalles de rendimiento o función que sean propietarios o estén cubiertos por patentes o derechos de autor. Cualquier parámetro que no se aborde específicamente queda a discreción del contratista y puede resultar en sorpresa y decepción. Incluso cuando se abordan todos los parámetros que el diseñador considera importantes, si sus características específicas no se detallan completamente, los resultados pueden ser inesperados. Por ejemplo, si una lámpara de araña tradicional va a tener una suspensión de cadena, pero no se identifica el tipo, tamaño, grosor y acabado de los eslabones de la cadena, la cadena de la luminaria suministrada puede parecer demasiado pequeña o delicada en relación con la escala de la luminaria y con un acabado descoordinado con el esquema interior.

Las especificaciones prescriptivas identifican el producto o productos específicos por marca y modelo para una luminaria determinada que se determinan necesarios durante el diseño. Estas especificaciones permiten poca o ninguna flexibilidad en cuanto a la desviación de marca y modelo. Las especificaciones prescriptivas también pueden incluir citas de detalles de desempeño para aclarar la intención e identificar características distintivas con las marcas y modelos especificados. Aquí, si sólo se enumera una marca y un modelo, el costo para el propietario puede ser sospechoso. Aunque una cuidadosa atención a los precios durante el diseño puede limitar estas preocupaciones, los caprichos de la cadena de compras determinan en última instancia los costos. El diseñador está obligado a evaluar minuciosamente las opciones de luminarias disponibles; de lo contrario, las especificaciones prescriptivas de uno o varios nombres pueden resultar indefendibles. Imprescindible conocimiento de marcas y modelos. El tipo de especificación utilizada dependerá del tipo de proyecto, el cliente y el grado en que las variaciones de desempeño son aceptables en cualquiera, muchos o todos los parámetros. El tipo de especificación debe determinarse al principio del proceso de diseño. Los beneficios y desventajas deben revisarse con el equipo y el cliente. El deseo de utilizar especificaciones de desempeño puede estar impulsado por expectativas de mayor competencia y bajo costo inicial. Sin embargo, los costos del ciclo de vida, el rendimiento a largo plazo, la durabilidad y la satisfacción de los ocupantes deberían ser primordiales. Independientemente del tipo de especificación, el formato consta de tres partes: general; productos; y ejecución. La Tabla 20.4 describe las secciones que normalmente se encuentran dentro de estas tres partes de las especificaciones prescriptivas identifican el producto o productos específicos por marca y modelo para una luminaria determinada que se determinan necesarios durante el diseño. Estas especificaciones permiten poca o ninguna flexibilidad en cuanto a la desviación de marca y modelo. Las especificaciones prescriptivas también pueden incluir citas de detalles de desempeño para aclarar la intención e identificar características distintivas con las marcas y modelos especificados. Aquí, si sólo se enumera una marca y un modelo, el costo para el propietario puede ser sospechoso. Aunque una cuidadosa atención a los precios durante el diseño puede limitar estas preocupaciones, los caprichos de la cadena de compras determinan en última instancia los costos. El diseñador está obligado a evaluar minuciosamente las opciones de luminarias disponibles; de lo contrario, las especificaciones prescriptivas de uno o varios nombres pueden resultar indefendibles. Imprescindible conocimiento de

marcas y modelos. El tipo de especificación utilizada dependerá del tipo de proyecto, el cliente y el grado en que las variaciones de desempeño son aceptables en cualquiera, muchos o todos los parámetros.

El tipo de especificación debe determinarse al principio del proceso de diseño. Los beneficios y desventajas deben revisarse con el equipo y el cliente. El deseo de utilizar especificaciones de desempeño puede estar impulsado por expectativas de mayor competencia y bajo costo inicial. Sin embargo, los costos del ciclo de vida, el rendimiento a largo plazo, la durabilidad y la satisfacción de los ocupantes deberían ser primordiales. Independientemente del tipo de especificación, el formato consta de tres partes: general; productos; y ejecución. La Tabla 20.4 describe las secciones que normalmente se encuentran dentro de estas tres partes de la especificación y contenido respectivo. La información detallada sobre las especificaciones de iluminación está disponible a través de textos y recursos en línea. [7] [8] [9] Lo que sigue es una descripción general de algunos temas y algunos aspectos clave relacionados con los efectos de la adquisición y la instalación en la competencia técnica y estética del sistema de iluminación. Por conveniencia, se hacen referencias entre paréntesis a los números de las secciones de especificación que se detallan en la Tabla 20.4, pero la numeración de las secciones reales queda a discreción de los diseñadores. La sección 2.12 de la Parte II se titula Programa de Especificaciones de Luminarias, pero esta es una sección detallada y completamente descriptiva de especificaciones que no debe confundirse con la hoja de cálculo menos informativa comúnmente llamada “Programa de luminarias” y que se coloca en hojas de dibujo.

Cuadro 20.3/ MasterFormat® Lighting[a]

División	Sujeto
26 51 00	Iluminación Interior
26 52 00	Iluminación de Emergencia
26 53 00	Señalética de Salida
26 54 00	Iluminación de Ubicación Clasificada
26 55 00	Iluminación para fines especiales • Iluminación de contornos • Iluminación subacuática • Iluminación de advertencias de peligro • Iluminación de obstáculos • Iluminación de helipuertos • Iluminación de seguridad • Iluminación de exhibiciones • Iluminación de teatros • Iluminación de detenciones • Iluminación de atención médica • Iluminación de transmisiones
26 56 00	Iluminación exterior • Postes y Estándares de Iluminación • Iluminación de Estacionamiento • Iluminación de Carreteras • Iluminación de Áreas • Iluminación de Paisajes • Iluminación de Sitios • Iluminación de Pasarelas • Iluminación de Inundación • Iluminación Atlética Exterior

a. ADAPTADO DE MASTERFORMAT* 2011 UPDATE [6].
Con permiso

Los grupos, subgrupos y divisiones utilizados en este libro de texto provienen de MasterFormat ® 2011, publicado por el Instituto de Especificaciones de Construcción (CSI) y Especificaciones de Construcción de Canadá (CSC) y se utilizan con el permiso de CSI. Para aquellos interesados en una explicación más detallada de MasterFormat ® 2011 y su uso en la industria de la construcción, visite www.csinet.org/masterformat o comuníquese con: The Construction Specifications Institute 110 South Union Street, Suite 100 Alexandria, VA. 22314 800-689-2900: 703-684-0300 www.csinet.org

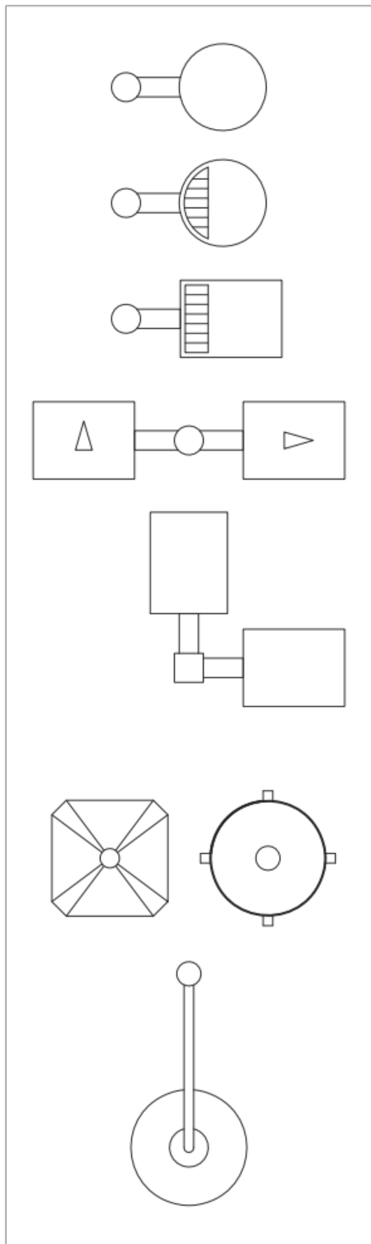


FIGURA 20.2A | LUMINARIAS DE ILUMINACIÓN DE ÁREA EXTERIOR CONJUNTO DE SÍMBOLOS 2D

Luces de área, calzada y poste de estacionamiento

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma de las unidades individuales, el poste y los brazos/soportes

• repita las unidades según sea necesario para transmitir la intención del diseño para el diseño de luminarias de cabezales múltiples

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para mayor claridad visual

• ajuste la(s) longitud(es) del brazo y la forma de la cabeza para indicar unidades de cabeza de cobra y/o unidades de brazos largos

• use punteros para indicar la orientación cuando sea contrario a lo típico

• con sombreado para indicar el lado de la casa blindaje

Luces de postes peatonales

• dibuje un símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea si es necesario para la visibilidad en el plano

• use punteros para indicar la orientación cuando sea contrario a lo típico (no se muestra)

• use líneas para representar características identificables de la luminaria, como una luminaria con tapa puntiaguda, cesta de globo y pantallas de lámpara o refractores

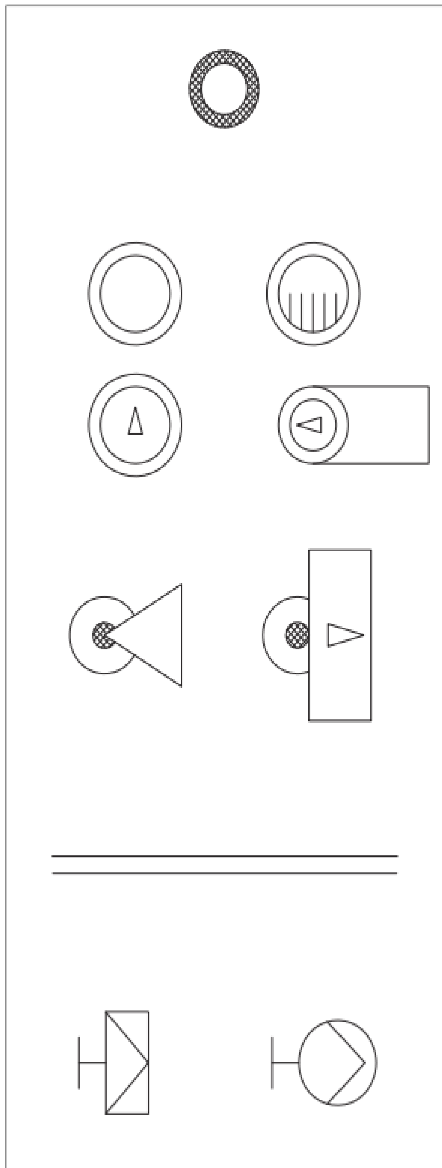


FIGURA 20.2B | LUMINARIAS EXTERIORES DE ILUMINACIÓN LOCAL Y DE ACENTO CONJUNTO DE SÍMBOLOS 2D

Bolardos

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use punteros para indicar la orientación si la unidad es asimétrica

Luces ascendentes en el nivel

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use punteros para acentos o sombreados para bañadores de pared (con el área abierta orientada a la superficie que se está lavando) para indicar la orientación

Luces ascendentes sobre el nivel del suelo

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use punteros para orientación según sea necesario o sombreado para bañadores de pared (con el área abierta orientada a la superficie que se está lavando [no se muestra]) para indicar orientación

Luces integradas en los pasamanos

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• cierre los extremos en cada extremo del recorrido del pasamanos

Luces del área de corte para montaje en pared

• dibuje el símbolo para que coincida con el tamaño y la forma

• ajuste la escala y el grosor de la línea según sea necesario para la visibilidad en el plano

• use la punta de flecha para indicar la orientación principal del tiro

20.4.1 DESCRIPCIÓN (SECCIÓN DE ESPECIFICACIONES 1.01)

Desde el principio, debe quedar clara la necesidad de equipos probados, listados y etiquetados por UL/CSA/NOM. Una entrada de especificación que aborde este aspecto podría decir: 1. Todos los equipos y piezas aquí especificados deberán llevar la etiqueta "U.L. Etiqueta "Aprobado" (u otra etiqueta NRTL) que indique el cumplimiento de los requisitos de UL o según lo permitido en la Sección 1.04.G [1.04.G es una cita en la Sección "Referencias" de la especificación con respecto a los requisitos de listado y etiquetado]. Todas las luminarias deberán estar listadas y etiquetadas por UL/NRTL [o CSA o NOM] para su instalación en construcciones a prueba de fuego o no, en lugares secos, húmedos o mojados, según sea necesario.

20.4.2 PRESENTACIONES - GENERAL (SECCIÓN DE ESPECIFICACIÓN 1.06)

Las presentaciones son un proceso mediante el cual el contratista obtiene los planos de taller de los proveedores seleccionados para proporcionar equipos de iluminación y los envía al equipo de diseño para su revisión y disposición con respecto a los documentos del contrato. Estas presentaciones identifican la apariencia y el rendimiento del equipo, con suerte de acuerdo con la especificación.

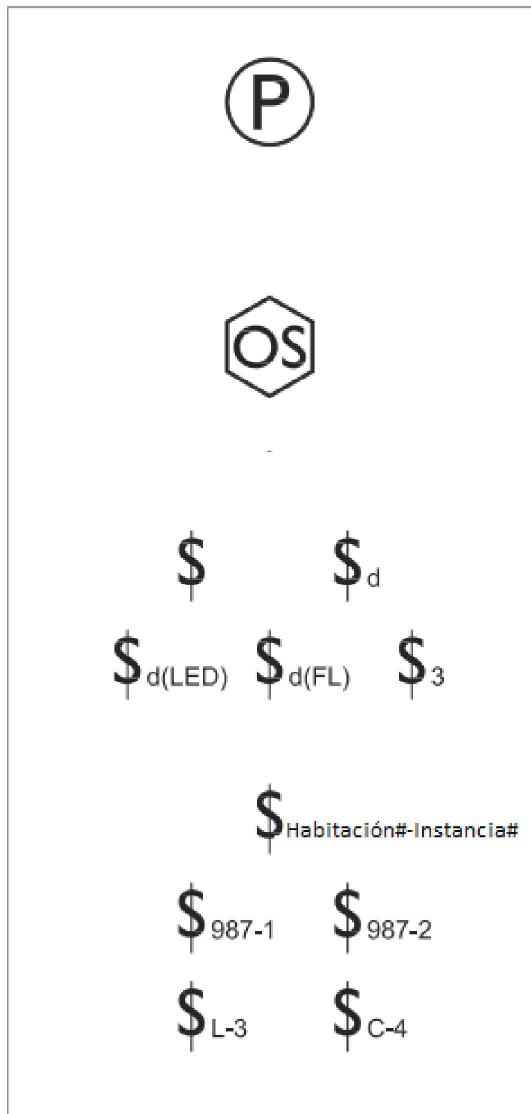


FIGURA 20.3 | CONJUNTO DE SÍMBOLOS DE CONTROLES DE ILUMINACIÓN

Fotocélula

• dibuje el símbolo a escala legible

• proporcione un diseño de ingeniería o un símbolo flotante cerca del uso con una nota explicativa en el dibujo que indique la intención del diseño para ingeniería

• control de bucle a las zonas de luminarias controladas respectivamente o indique la intención de control de luminarias con nota

Sensor de Ocupación

• dibujar el símbolo a escala legible

• proporcionar un diseño de ingeniería o un símbolo flotante cerca del uso con una nota explicativa en el dibujo que indique la intención del diseño para ingeniería

• control de bucle a las zonas de luminarias controladas respectivamente o indicar la intención del control de luminarias con una nota

Para algunos equipos así especificados, esto también puede incluir diseños de equipos propuestos por los proveedores para abordar, por ejemplo, sensores o paneles o módulos requeridos como parte del paquete de equipos del proveedor. Las presentaciones de sustitución implican una evaluación del diseño. Esto puede ser un esfuerzo intrascendente o puede requerir mucho tiempo por parte de muchos miembros del equipo. Por ejemplo, si una sustitución propuesta muestra sólo una variación de eficiencia del 5%, en un proyecto grande esto puede en última instancia influir en el cumplimiento de LPD, los sistemas de distribución de energía, los sistemas mecánicos y los RCP arquitectónicos. El tiempo y los honorarios involucrados en la evaluación de estos efectos son grandes, deben ser cubiertos por el proponente de la sustitución y deben acordarse con anticipación y de manera transparente para el equipo y el cliente. Dicho proceso se detalla a continuación en el punto 4. Varias entradas de especificaciones que abordan las presentaciones podrían decir:

Atenuadores e Interruptores

• dibujar el símbolo a escala legible

• proporcionar un diseño de ingeniería o un símbolo flotante cerca del uso con una nota explicativa en el dibujo que indique la intención del diseño para los detalles de ingeniería y arquitectura de las elevaciones

• control de bucle a las zonas de luminarias controladas respectivamente o indicar intención de control de luminaria con nota

• agregue información, como conmutación de 3 o 4 vías o cargas a atenuar, para mayor claridad

Atenuadores, Interruptores, Teclados y Controles Preestablecidos

• dibujar el símbolo en una escala legible

• asignar el número de habitación al símbolo

• asignar el número de instancia al símbolo cuando se usa más de un control en una habitación o área

• proporcionar un diseño diseñado o un símbolo flotante cerca del uso con nota explicativa en el dibujo que indica la intención del diseño para detalles de ingeniería y arquitectura de elevaciones

• indica la función de control en las especificaciones y con horarios preestablecidos si fueran aplicables

• información, como conmutación de 3 o 4 vías o cargas a atenuar, número de botones, anular funciones y terminar junto con los controles, los números de catálogo de los proveedores se transmiten en las especificaciones

El Contratista será responsable de suministrar datos del producto del equipo y como se indica en la especificación, muestras de trabajo parciales o completas del equipo especificado en el momento oportuno para la aprobación del equipo de diseño, antes de emitir pedidos de equipos. El Contratista será responsable de coordinar todos los aspectos de la realización de pedidos, depósitos, adquisición de planos de taller, liberación de pedidos, seguimiento de pedidos, seguimiento de entregas, etc. con el Distribuidor de manera oportuna. Algunas luminarias pueden requerir al menos de 12 a 16 semanas de plazo de entrega o más; el contratista es responsable de dar suficiente tiempo para el proceso de pedido y depósito, adquisición del plano de taller, presentación y proceso de revisión. No se aceptarán sustituciones sobre la base de la obligación del contratista de cumplir con los plazos, contractuales o de otro tipo,

acordados por el contratista para la finalización de este proyecto. Las presentaciones de lámparas son tan importantes y necesarias como las presentaciones de luminarias y deben ser proporcionadas por el Contratista para garantizar la potencia, el color y la eficacia correctos de la lámpara.

2.- Todas las presentaciones serán generadas por las respectivas fábricas con sus sellos u otras marcas de autenticación y cada hoja de presentación deberá estar claramente etiquetada con el tipo de luminaria respectivo, el número de catálogo completo correspondiente a la luminaria enviada, la fecha de generación de la presentación y el nombre, número de teléfono y correo electrónico, dirección del autor del envío para rastrear la procedencia de la información. El Arquitecto puede comunicarse con la fuente de envío de fábrica respectiva.

3. El equipo de iluminación aquí especificado ha sido elegido cuidadosamente por su capacidad para cumplir con los requisitos del entorno luminoso de este proyecto. Los cálculos (con {insertar el nombre del software aquí} u otro software similar) generalmente se hace para determinar luminancias, relaciones de luminancia y/o iluminancias y uniformidades horizontales y verticales. En algunos casos, se generarán “imágenes” de realidad virtual con software de cálculo de iluminación para ayudar al Equipo de Diseño y/o al Cliente a evaluar la calidad de iluminación de los espacios o áreas. Equipos y/o fabricantes que han demostrado cumplir con los criterios establecidos, incluido ASHRAE/IES 90.1 o el Título 24 de California u otro código de energía similar según corresponda por ordenanza, código, ley federal o mandato, y/o LEED u otros certificación de construcción sustentable, se especifica en este documento. Con toda probabilidad, las sustituciones no podrán cumplir con todos o algunos de los criterios más destacados del equipo especificado.

4. Cuando se permita, las presentaciones de sustitución consistirán en una descripción física, un plano acotado detallado y datos fotométricos y eléctricos completos de la lámpara, balasto, controlador o transformador propuesto, según sea necesario y luminaria. También se deben proporcionar muestras de trabajo de sustituciones de lámparas y luminarias al momento de la solicitud de sustitución para una verificación visual del acabado, las características operativas y fotométricas y el diseño funcional y estético. Los informes fotométricos deben enumerar los valores reales de candelas de la distribución de la luminaria con lámpara especificada o similar en al menos cinco planos horizontales con ángulos de elevación en incrementos no mayores a 5° desde el nadir al cenit. Si se requieren datos adicionales para tener en cuenta distribuciones asimétricas, también se proporcionarán. Las curvas de candela, las tablas de lux o foot-candle (fc) (pie-Candela) y lumen y los contornos de iso-lux o foot-candle no son aceptables. El Contratista será responsable de negociar con el Cliente, el Diseñador de Iluminación, el Arquitecto y el Ingeniero Eléctrico antes de presentar la sustitución para garantizar que haya tarifas disponibles para: rediseñar el proyecto en función de las sustituciones propuestas; o revisión por parte del diseñador de iluminación, arquitecto e ingeniero eléctrico de toda la documentación fotométrica, de muestra, de diseño y cálculo y representaciones de realidad virtual (proporcionadas por el contratista) para las sustituciones propuestas. Todas las sustituciones deben identificarse y aprobarse antes de la fecha de la oferta; y todas las negociaciones con los contratistas relacionadas con honorarios adicionales por trabajos de rediseño debido a sustituciones deben realizarse antes de la fecha de oferta. Se deberá completar, enviar y enviar el formulario de solicitud de sustitución (en la página siguiente) junto con toda la documentación relevante requerida en el formulario de solicitud de sustitución dos semanas antes de la fecha de la oferta. No se considerarán sustituciones sin el cumplimiento de este párrafo. El valor de la oferta del Contratista y/o los compromisos del cronograma no se basarán en sustituciones en espera de la aprobación del equipo de diseño, ni en el valor estimado del Equipo especificado por el Contratista. Si la sustitución presentada no cumple con los requisitos de las especificaciones o es rechazada por cualquier motivo o sin él, el Contratista proporcionará el equipo especificado sin costo adicional ni demora para el Propietario.

5. El Contratista será responsable de obtener de sus fabricantes de iluminación y proveedores, para cada luminaria, un manual de mantenimiento recomendado que incluya:

- Información de contacto del proveedor y representantes locales
- Herramientas requeridas
- Instrucciones
- Tipos de limpiadores que se utilizarán
- Listas de identificación de piezas de repuesto
- Datos del producto del equipo (copias reproducibles de alta calidad)
- Documentación de garantía

Tipo	Qué	Descripción	Número de Catálogo	Potencia de Entrada
FCD1	CFL Luz Descendente (Downlight)	18W DTT lensed, 7" apertura	Ver 26 51 00 Especificación	19.0
FCW1	Fluorescente Lavamuro	42W lente de triple tubo , 6" apertura	Ver 26 51 00 Especificación	46.0
FTC1	Cala Fluorescente	1-lámpara F28T5/F14T5 Luz de cala asimétrica, fila continua (48')	Ver 26 51 00 Especificación	402.0

NOTAS GENERALES

1. Toda la iluminación se instalará de acuerdo con el NEC y todos los códigos locales.
2. Coordine todas las ubicaciones finales de las luminarias con el Arquitecto antes de cualquier trabajo de instalación.
3. Este plan de iluminación aborda la iluminación arquitectónica de potencia normal. Las especificaciones de los sistemas de control y la iluminación de salida/emergencia serán desarrolladas por profesionales registrados identificados por el propietario.
4. Consulte la especificación de iluminación, sección 26 51 00.

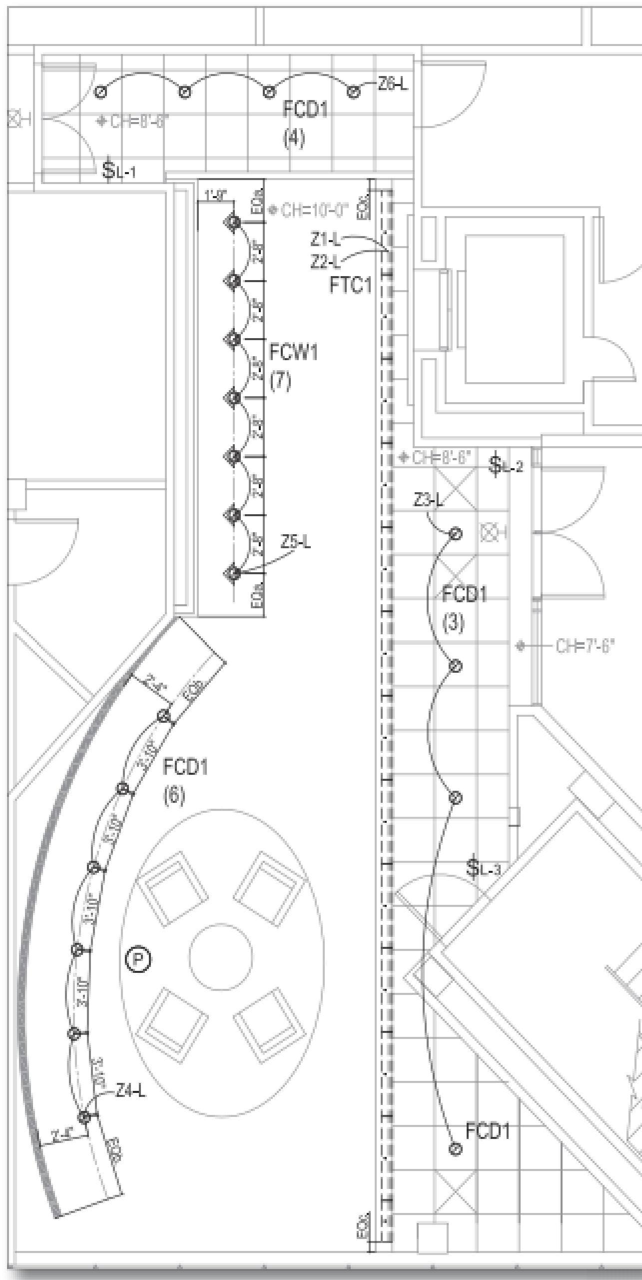


FIGURA 20.4 | EXTRACTOS DEL PLANO DE ILUMINACIÓN

El extracto anterior de un plano de iluminación ejemplifica un programa de luminarias. A veces, la información del catálogo de los respectivos proveedores aceptables también se cita en 'Número de catálogo'. No se recomienda el uso de 'o igual' ya que esto deja la interpretación de 'igual' a individuos sin conocimiento explícito de todos los criterios y medios de iluminación programados pertinentes, realizar y/o valorar cálculos y modelizaciones necesarias. El extracto a la izquierda de un plano de iluminación ilustra una parte de un plano de iluminación con ubicaciones, tipos y dimensiones de luminarias según sea necesario y circuitos de control y zonas identificadas. Una claraboya sobre la zona de asientos está dotada de una fotocélula que controla las seis luminarias FCD1 en Z4-L. La orientación norte está a la derecha. La especificación o un programa de controles se utiliza para describir la funcionalidad de los teclados. » Plano de Iluminación ©Gary Steffy Lighting Design Inc. Plano arquitectónico ©David Masko Architect. Cortesía del grupo inmobiliario Nemer

20.4.3 PROGRAMA DE ESPECIFICACIONES DE LUMINARIAS (SECCIÓN DE ESPECIFICACIONES 2.12)

Esta sección de especificaciones no debe confundirse con un programa de luminarias simple. Adquirir el equipo de iluminación correcto es fundamental para que la instalación cumpla con los criterios de diseño. Por lo tanto, se proporciona una descripción completa del tamaño físico, la geometría, el ajuste, el acabado, la óptica, las lámparas, los balastos, los controladores, los transformadores, el montaje, el voltaje, la carga conectada, los accesorios y otras características destacadas para mayor claridad para quienes participan en la adquisición y cadena de instalación, incluido el contratista, el distribuidor, el representante de iluminación y la fábrica. Esto se hace para cada tipo de luminaria del proyecto. No se recomienda extraer plantillas de especificaciones de los catálogos de los proveedores a menos que este material se revise cuidadosamente y se eliminen las características patentadas, a menos que se desee una especificación prescriptiva de un solo nombre. Incluso entonces, sin embargo, se debe revisar la plantilla para garantizar que no haya

conflictos con el estándar de cuidado del diseñador o con cualquier otro equipo o estrategia de iluminación del proyecto. Las plantillas también deben revisarse para detectar lagunas o simplemente detalles flojos o inexistentes sobre las características más destacadas del equipo. Cualquier característica o requisito especial también se indica en la descripción de cada luminaria. Para especificaciones prescriptivas, generalmente se muestra un corte de al menos uno de los proveedores enumerados para cada tipo de luminaria para un reconocimiento instantáneo de lo que está involucrado en general. En la Figura 20.6 se muestra una descripción de ejemplo. Algunas características especiales citadas en este ejemplo están relacionadas con cómo se debe instalar la lente de un lavador de muro (wallwash) y el cuidado con el que el contratista instala la carcasa para asegurar la orientación adecuada de la óptica de baño de pared. La Tabla 8.6 Factores en la Evaluación y Especificación de Luminarias ofrece una lista de verificación de elementos que merecen consideración en la especificación.

La especificación es el lugar para indicar relaciones especiales entre diferentes luminarias. Por ejemplo, un soporte de pared puede exhibir una linterna, un globo o un cuenco que combine con los que se usan en un colgante o lámpara de araña. Esto se indica en las especificaciones para garantizar que este detalle no se pase por alto y que la familia permanezca intacta. Aspectos más mundanos, pero importantes, que se señalan en las especificaciones de la luminaria incluyen posiciones de alimentación de energía y puntos de suspensión en colgantes lineales, por ejemplo y cuando ocurren muy cerca, es necesario que estos elementos estén orientados de manera similar y alineados para una apariencia ordenada. Las luminarias personalizadas o modificaciones requieren información de especificaciones adicional, incluido un boceto o dibujo que ilustre la apariencia y escala previstas (consulte las Figuras 15-19c y 15.19d). Cualquier muestra o maqueta requerida durante la presentación de planos de taller se describe en la especificación. Esto normalmente implica la revisión de patrones de fundición, muestras de vidrio y acrílico, muestras de acabado de metal y cuando los diseños son únicos, maquetas de luminarias completas. 'Las maquetas también brindan la oportunidad de obtener informes fotométricos reales de la luminaria personalizada para confirmar el rendimiento y los cálculos durante las presentaciones con los realizados durante la fase de diseño.

20.4.4 INSTALACIÓN (ESPECIFICACIÓN SECCIÓN 3.01)

La integridad de la instalación de iluminación se establece por los grados de atención prestada a diversos aspectos de la instalación, incluida la coordinación entre varios proveedores de equipos de iluminación, como controles y luminarias, el cuidado de los aspectos visibles, como la coordinación de luminarias. Todos afectan las cualidades fotométricas, de efecto de iluminación y de apariencia del sistema de iluminación. En la sección de especificaciones sobre referencias (1.04), se citan los estándares de instalación desarrollados conjuntamente por NECA y IESNA (consulte la Tabla 20.4). Varias entradas de especificaciones de iluminación que abordan la instalación podrían decir:

1.Instalación de equipos iluminación, incluidos, entre otros, luminarias, controles, dispositivos auxiliares y la integración Instalar equipos de los mismos en estricta conformidad con todas las recomendaciones e instrucciones de los fabricantes, cuya seguridad será la responsabilidad del Contratista.

2. Las luminarias se integrarán con controles de acuerdo con las recomendaciones e instrucciones de los respectivos fabricantes de luminarias y de los fabricantes de controles y para proporcionar una operación completa y sin problemas sin comprometer la seguridad, el código y los requisitos de UL/CSA/NOM.

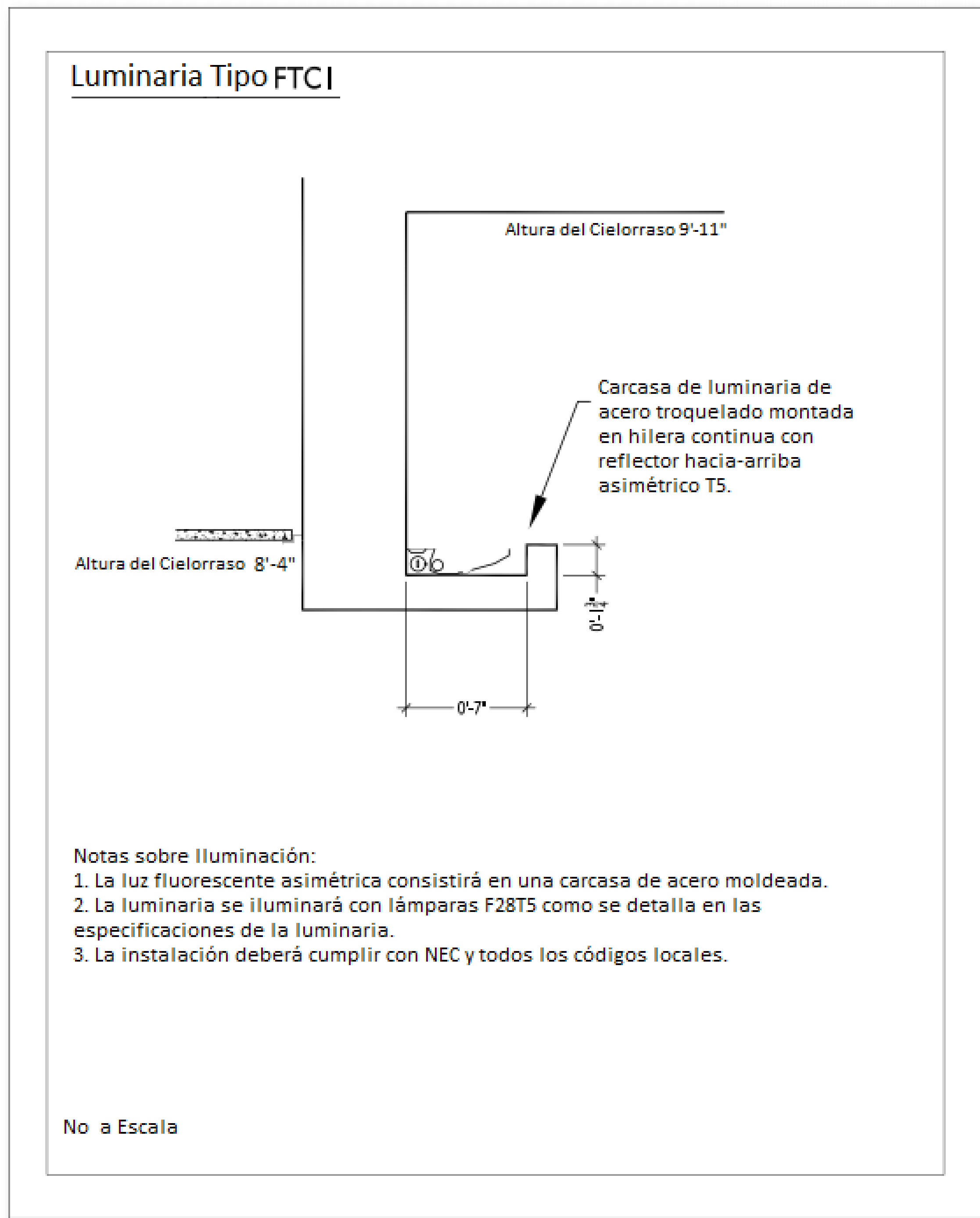


FIGURA 20.5 | DETALLE DE ILUMINACIÓN

La luminaria tipo FTC1 que se muestra en el plano de iluminación de la Figura 20.4 está diseñada para ubicarse en una cala arquitectónica. Para obtener la mejor eficiencia lumínica, se selecciona una luminaria asimétrica. Las dimensiones destacadas y la orientación relacionadas con la luminaria se representan en este sencillo boceto para el desarrollo por parte del arquitecto del detalle arquitectónico de la cala. » Gráfico ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

3. El contratista será responsable de sellar todas las luminarias exteriores para lugares húmedos (es decir, todos los orificios ciegos, todas las entradas de tuberías y cables, etc.) como es práctica estándar de la industria para evitar que el agua entre en las luminarias.

4. El Contratista coordinará la instalación del sistema de iluminación con los comercios pertinentes de manera de eliminar interferencias con colgadores, ductos mecánicos, rociadores, tuberías, acero, etc.

5. Para instalación en cielorrasos suspendidos, asegurarse de que las luminarias estén soportadas de manera que no haya ninguna curvatura o deflexión resultante del sistema del cielorraso mayor que 1/360 de la longitud del tramo total del miembro del techo.

6. Las alturas de montaje y la configuración de las luminarias deberán ser las especificadas en la parte del Programa de Luminarias de la Especificación o indicadas en los planos, y cuando existan conflictos, según lo aprobado por el Arquitecto.

7. Todas las luminarias se instalarán a plomo y a nivel, vistas desde todas las direcciones, a menos que se indique específicamente lo contrario en la parte del Programa de luminarias (Sección 2.12) de esta Especificación. Las luminarias deberán permanecer aplomadas y firmes sin ajustes continuos ni medios visiblemente obvios más allá de lo que se muestra en los planos de presentación de las luminarias.

8. Las luminarias suspendidas se instalarán a plomo, a nivel y a nivel, a menos que se identifique específicamente lo contrario en la parte del Programa de luminarias (Sección 2.12) de esta Especificación y a una altura desde el piso terminado como se especifica en los dibujos, detalles y Programa de luminarias. En los casos en los que esto no sea práctico, consulte al arquitecto para que tome una decisión. Todos los accesorios deberán estar organizados consistentemente para una apariencia limpia y uniforme.

9. Los acabados de las luminarias que se alteren de alguna manera durante la construcción deberán retocarse o renovarse de manera satisfactoria para el Arquitecto.

10. Los conos reflectores, rejillas, deflectores, lentes, molduras y otros elementos decorativos se instalarán después de completar la instalación de los paneles del cielorraso, el enlucido, la pintura y la limpieza general.

11. Siempre que una luminaria o su cubierta colgante se instale directamente en una caja de conexiones montada en superficie, se deberá utilizar un anillo de acabado pintado para que coincida con el cielorraso para ocultar la caja de conexiones.

12. Todas las lámparas deberán curarse durante un mínimo de 12 horas y un máximo de 100 horas en modo totalmente encendido sin atenuación. Todas las lámparas utilizadas para iluminación de conveniencia durante la construcción se reemplazarán con lámparas nuevas idénticas, que luego se curarán como se describe anteriormente, inmediatamente antes de la fecha de finalización sustancial según lo determine el arquitecto.

13. Todos los accesorios serán instalados y ajustados adecuadamente por el Contratista de acuerdo con las especificaciones y las instrucciones de instalación. Cualquier pieza de repuesto deberá estar claramente etiquetada (indicar tipo de accesorio y tipos de luminarias asociadas).

20.4.5 PRUEBAS Y AJUSTES (SECCIÓN DE ESPECIFICACIONES 3.02)

El rendimiento fotométrico de las luminarias ajustables no ofrece ningún beneficio a menos que estas luminarias estén apuntadas, enfocadas y bloqueadas. El esfuerzo para lograr esto involucra tanto al contratista como al miembro del

equipo que desempeña el papel de diseñador de iluminación. Varias entradas de especificaciones que abordan pruebas y ajustes podrían decir:

1. Según sea necesario, todas las luminarias ajustables deberán ser dirigidas, enfocadas, bloqueadas, etc., por el Contratista bajo la observación del Arquitecto. Una vez completado el apuntamiento y el ajuste, el Contratista deberá apretar firmemente los tornillos de fijación, los pernos y las tuercas de bloqueo.

2. Todas las escaleras, andamios, elevadores, etc. necesarios para orientar y ajustar las luminarias serán proporcionadas por el Contratista.

3. El Contratista será responsable de notificar al Arquitecto el momento adecuado para replantear cualquier ubicación de luminaria exterior que esté indicada como "para ser ubicada en el campo" en los planos y el Programa de luminarias, y deberá proporcionar equipo y personal para replantear en la dirección del Arquitecto.

4. Cuando sea posible, las unidades se concentrarán durante la jornada normal de trabajo. Sin embargo, cuando la luz del día interfiera con la visión de los efectos de iluminación, se deberá orientar durante la noche.

Cuadro 20.4 | Secciones de Especificaciones Clave

	Sección	Tópico	Contenido Típico
Parte I GENERAL	1.01	Descripción	• Nombre y ubicación del proyecto para el cual se genera la especificación • Advertencias y/o requisitos generales (por ejemplo, el equipo debe estar listado/etiquetado por UL/NRTL) • Aviso de los medios para identificar revisiones (subrayados y tachados) • Aviso de que las hojas cortadas tienen derechos de autor y son sólo para la adquisición de equipos específicos
	1.02	Documentos Relacionados	• Aviso de que todo el trabajo deberá cumplir con los términos de los documentos del contrato del proyecto.
	1.03	Trabajo Incuido	• Describe el trabajo requerido del contratista.
	1.04	Referencias	• Cita de referencias y códigos relevantes relacionados con la seguridad, el funcionamiento y el rendimiento, como: • Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) • Asociación Canadiense de Estándares (CSA) • Sociedad de Ingeniería de Iluminación (IES) • Asociación Nacional de Contratistas Eléctricos (NECA) • Electricidad Nacional Asociación de Fabricantes (NEMA) • Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) • Norma Oficial Mexicana (NOM) • Underwriters Laboratories Standards (UL)
	1.05	Seguro de Calidad	• Requisitos de mano de obra • Requisitos para precios unitarios y citas de proveedores propuestos en la licitación
	1.06	Presentaciones — Generales	• Requisitos para planos de presentación • Requisitos para sustituciones, si se permiten
	1.07	Presentaciones — Ejemplos	• Requisitos para muestras de presentación
	1.08	Entrega - Almacenaje - Manipulación	• Requisitos para la recepción, almacenamiento y manipulación de equipos de iluminación.
Parte II PRODUCTOS	2.01	Lámparas-General	• Describe los requisitos operativos y de rendimiento generales de las lámparas
	2.02	Lámparas-Neon/Cátodo Frío	• Describe los requisitos operativos y de rendimiento específicos de las lámparas de neón/cátodo frío
	2.03	Balastos-Fluorescente	• Describe los requisitos operativos, de rendimiento y de garantía para balastos fluorescentes
	2.04	Balastos - HID	• Describe los requisitos operativos, de rendimiento y de garantía para balastos HID
	2.05	Controladores-LED	• Describe los requisitos operativos y de rendimiento y requisitos de garantía para controladores LED
	2.06	Transformadores-Bajo Voltaje	• Describe los requisitos operativos, de rendimiento y de garantía para transformadores de lámparas de bajo voltaje
	2.07	Transformadores-Neon/Cátodo Frío	• Describe los requisitos operativos, de rendimiento y de garantía para transformadores de neón/cátodo frío
	2.08	Luminarias-General	• Describe los requisitos generales operativos, de ajuste y de rendimiento de luminarias
	2.09	Reflectores de Luminaria y Adornos	• Describe los requisitos generales de funcionamiento, ajuste y rendimiento de reflectores y adornos.
	2.10	Lentes de Luminarias	• Describe los requisitos generales de funcionamiento, ajuste y rendimiento de las lentes.
	2.11	Soporte del Distribuidor	• Describe los requisitos de garantía, competencia y soporte de los proveedores.
	2.12	Agenda de Especificación de Luminarias	• Identifica y describe requisitos específicos para cada luminaria, incluido el proveedor(es) y catálogo
Parte III EJECUCIÓN	3.01	Instalación	• Describe los requisitos para la instalación (por ejemplo, coordinación/integración, plomada/nivel, preparación de lámparas)
	3.02	Pruebas y Ajustes	• Describe los requisitos para apuntar y enfocar antes de la entrega
	3.03	Limpieza	• Describe los requisitos para limpiar el equipo de iluminación antes de la entrega

FCW1

Lavamuro

46W-nondim-277V

La luminaria de pared con lente fluorescente compacta empotrada (en el cielorraso según lo detallado por el arquitecto) debe exhibir una apertura de aproximadamente 0 pies/6 pulgadas de diámetro con una huella de carcasa sobre el techo de aproximadamente 1 pie/2 pulgadas por 1 pie/7 pulgadas por 0 pies/7 pulgadas de profundidad total empotrada (consulte las hojas de datos actuales del proveedor respectivo para conocer las dimensiones reales).

El cono reflector tendrá un acabado en aluminio transparente mate con un reborde pulido superpuesto. La luminaria estará equipada con una lente prismática de vidrio templado orientada en orientación cóncava (sobresaliendo hacia la carcasa). La luminaria deberá orientarse para iluminar la pared adyacente con luz (revise las instrucciones de instalación y montaje para conocer la orientación adecuada de la carcasa). La luminaria se instalará plana/a ras/a plomo y no deberá presentar fugas de luz en la unión del cielorraso. Al igual que con todas las luminarias empotradas, la carcasa de la luminaria debe estar fijada de manera adecuada y segura a la estructura para cumplir con el código y evitar cambios de asentamiento con el tiempo y para evitar el levantamiento o la rotación inadvertida de la carcasa durante el mantenimiento y/o la orientación. No se permitirá grapar, clavar, atornillar o fijar de otro modo sustratos o soportes del cielorraso a la carcasa de la luminaria que impida el acceso completo a la lámpara y los mecanismos de balasto o que no cumpla con el código.

La luminaria debe estar equipada con un balasto fluorescente electrónico de inicio de programa, con fusible eléctrico, integral, con carcasa metálica, de alto factor de potencia (0,95 o mayor), factor de balasto de 1,0 y con modo de protección de fin de vida útil de la lámpara adecuado para funcionar a 277 V. sujeto a confirmación por parte del Contratista con el Ingeniero Eléctrico. La luminaria debe estar iluminada con una [1] GE F42TBX/830/A/ECO (n.° 97634) o Philips PLT42W/830/4P/ALTO (n.° 268730) de 42 vatios, temperatura de color de 3000, vida útil nominal de 12 000 horas. Lámpara fluorescente compacta de triple tubo con base GX24q-4. La luminaria deberá estar listada y etiquetada por UL para la aplicación y la iluminación especificada.

- Cooper Portfolio CLW7142-E-7491-H-WF-Fuse
- KiHin FRR06027-F42TBX-31 -70-277-FS
- Kurt Versen P950-SC-WT-277-F
- Lightolier 8047CCDW-S7142BU-277-F

Montaje, función y dimensiones

Material(es), acabado(s), aclaración de orientación

Aclaración(es) de instalación

Aspectos eléctricos: balasto(s), voltaje, lámpara(s)

Equipo aceptable que cumple con los criterios

FIGURA 20.61 EXTRACTO DEL PROGRAMA DE ESPECIFICACIONES DE LUMINARIAS

Utilizando el proyecto ilustrado en la Figura 20.4 como ejemplo, una especificación de luminaria para el tipo FCW1 identifica por escrito las características más destacadas de la luminaria, incluidas la iluminación y el balasto. Las aclaraciones sobre la óptica y la orientación se realizan en base a experiencias previas y/o una revisión de las hojas de catálogo de los proveedores y/o conversaciones con representantes de los fabricantes. Se enumera el número de catálogo de los fabricantes aceptables.

20.4.6 LIMPIEZA (SECCIÓN DE ESPECIFICACIONES 3.03)

Los efectos de la acumulación de suciedad sobre el rendimiento de la iluminación están bien documentados. Sin embargo, la suciedad y los escombros de la construcción son más importantes que el polvo ambiental típico que se encuentra durante las operaciones normales en la mayoría de los sitios del proyecto. La limpieza del equipo de iluminación por parte del contratista inmediatamente antes de la finalización del proyecto es fundamental para el rendimiento óptimo del sistema. Una entrada de especificación que aborde la limpieza podría decir:

Todas las luminarias y accesorios se limpiarán minuciosamente después de su instalación. El Contratista deberá eliminar todas las huellas dactilares, suciedad, alquitrán, manchas, lodo y polvo de los paneles de yeso, etc. de los cuerpos de las luminarias, reflectores, molduras y lentes o rejillas antes de la aceptación final. Todos los reflectores deberán estar libres de pintura que no sea la aplicada en fábrica, si la hubiera. Todos los reflectores, conos y lentes se limpiarán únicamente según las instrucciones del fabricante.

20.5 CONTROLES DE CRONOGRAMA PREESTABLECIDOS

Los controles de iluminación ahorran cantidades significativas de energía de iluminación cuando se diseñan e implementan apropiadamente para la situación. Los controles también sirven para establecer diversos escenarios o escenas en función de las necesidades funcionales u horarias (ver 16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN). Por lo tanto, una parte importante de los documentos del contrato es documentar las zonas de control y el cronograma y la forma de operación propuestos. La Figura 20.7 ilustra un ejemplo simple tomado del proyecto ilustrado en la Figura 20.4. En este ejemplo, se emplean sensores de ocupación, programación horaria automatizada y conmutación de dos niveles. Persianas eléctricas, fotocélulas y teclados también están identificados en el horario preestablecido donde se ubican estos dispositivos que se utilizan para la interfaz y/o el control de la luz eléctrica. Las zonas de control deben compararse con las zonas de luz natural para un aprovechamiento eficaz de la luz natural. Los cronogramas preestablecidos generalmente se identifican como "iniciales", ya que es probable que el cliente influya en la configuración final poco después de la finalización del proyecto. Los horarios preestablecidos se muestran en los planos o en las especificaciones. Cuando el proyecto es relativamente pequeño o cuando el diseñador de iluminación no es el ingeniero eléctrico, la hoja de cálculo puede aparecer en la especificación de iluminación (26 51 00) o ser utilizada por el ingeniero eléctrico en el desarrollo de la especificación de controles. MasterFormat™ para controles 26 09 00 Instrumentación y control para sistemas eléctricos es la sección dentro de la cual se realizan las especificaciones completas de los controles. El diseño y las especificaciones de los controles de ingeniería suelen ser responsabilidad del ingeniero eléctrico.

1	Zona de Clientes	Qué	Descripción	Tipo de Carga	6:00 AM - 7:00 PM	7:01 PM - Medianoche	12:01 AM - 5:59 AM	Notas
2	Vestíbulo (reloj astronómico automatizado y anulación del teclado)				Encendido	Atenuable	Apagado	
3	Z1-L	FTC1	FL cala/medio nivel	FL conmutado	SÍ	SÍ (MEDIO NIVEL)	SÍ (MEDIO NIVEL)	P = Operación con Fotocelda
4	Z2-L	FTC1	FL cala/medio nivel	FL conmutado	SÍ	NO	NO	
5	Z3-L	FCD1	CFL luz-abajo	FL conmutado	SÍ	SÍ	NO	
6	Z4-L	FCD1	CFL luz-abajo	FL conmutado	P	NO	NO	
7	Z5-L	FCW1	CFL lava-muro	FL conmutado	SÍ	NO	NO	
8	Z6-L	FCD1	CFL luz-abajo	FL conmutado	SÍ	SÍ	NO	

FIGURA 20.7 | CRONOGRAMA PREESTABLECIDO INICIAL

Una hoja de cálculo describe el cronograma preestablecido inicial propuesto para el proyecto ilustrado en la Figura 20.4. La intención es proporcionar luz sólo cuando se considere necesario. Las etiquetas del teclado se identifican como encendido, atenuado y apagado para las funciones de anulación. Los números de línea se utilizan a la izquierda para una referencia conveniente (más útil en horarios grandes).

20.6 PUESTA EN SERVICIO

Los sistemas de control requieren puesta en servicio para asegurar su funcionamiento efectivo y previsto en el momento en que el proyecto se entrega al cliente. La puesta en servicio es un aspecto que el ingeniero eléctrico aborda con mayor frecuencia en la Sección 26 08 00 Puesta en Servicio de Sistemas Eléctricos. Por lo general, la puesta en servicio no se realiza hasta que todos los dispositivos estén en su lugar y configurados de acuerdo con las presentaciones y las

instrucciones de los proveedores. Los aspectos clave de iluminación que se incluirán en la sección de especificaciones sobre la puesta en servicio de los sistemas de control son: [10]

1. Colocación y orientación de sensores para todo tipo de sensores.

2. Función, sensibilidad y retardos del sensor de ocupación.

3. Calibración del sensor de captación de luz natural.

4. Operación automatizada de cortinas.

5. Colocación y operación del control manual.

6. Operación de control automatizado, incluidas funciones de encendido/apagado programadas y ajustes preestablecidos de atenuación.

7. Anular la operación, el acceso y la funcionalidad.

8. Interfaces y operación de control centralizado.

9. Educación del cliente sobre las operaciones.

10. Archivar documentación al cliente.

20.7 VERIFICACIONES DEL PLANO

A lo largo de la CD, si no durante todo el proyecto, se recomienda un enfoque circular para la verificación del plano. Los planos de iluminación, RCP arquitectónicos, planos eléctricos, planos mecánicos, planos audiovisuales, planes de servicio de alimentos, planos paisajísticos, etc. deben intercambiarse entre todos los miembros del equipo y revisarse para detectar posibles conflictos o choques y oportunidades de diseño perdidas o modificadas. Cerca del final de los CD y presumiblemente después de que las rondas anteriores hayan resuelto muchos de estos elementos, es necesaria una revisión cuidadosa por parte de los miembros del equipo responsables de iluminación, arquitectura e ingeniería eléctrica de sus respectivos planos y los planos de sus compañeros de equipo. Esto puede resultar en el intercambio de dibujos con líneas rojas o una serie de conferencias basadas en Internet.

La eficiencia de la iluminación y la planificación de sus efectos e intensidades están estrechamente ligadas a las configuraciones arquitectónicas, las reflectancias de las superficies y la ubicación y contabilidad adecuadas de todos los equipos de iluminación. Por lo tanto, es imperativo que las configuraciones sigan siendo las utilizadas en los modelos de iluminación y energía. Las reflectancias de la superficie no se pueden cambiar en unos pocos puntos porcentuales sin correr el riesgo de incumplimiento de los criterios de carga conectada, uso de energía o iluminancia. Las adiciones de iluminación decorativa de última hora, descoordinadas y denominadas temáticas, ya sean portátiles o permanentes, van en contra del esfuerzo del proyecto para minimizar el uso de energía y la generación de calor manteniendo al mismo tiempo luminancias e iluminancias satisfactorias.

Si los aspectos de iluminación natural no se emplean en la medida que el equipo anticipó durante el desarrollo del diseño, entonces el sistema de iluminación eléctrica puede no cumplir con sus objetivos de cumplir con varios criterios, incluidas las expectativas energéticas. Además, es posible que el proyecto no proporcione una iluminación natural cómoda para los usuarios si las cortinas no están automatizadas y las luminancias no se equilibran y reequilibran a lo largo del día, por ejemplo. Los planos y especificaciones de diseño arquitectónico y de interiores relacionados con aspectos de iluminación natural, incluidos acristalamientos, cortinas eléctricas, acabados de superficies, mejoras arquitectónicas como estantes

de iluminación, aletas, medios de dirección de luz, brise soleils, tragaluces y pozos de monitores y/o o exibidores y similares deben ser revisados y confirmados. La Tabla 20.5 describe los elementos clave que afectan la integridad de la iluminación natural.

Normalmente, el aspecto menos tecnológico de la iluminación natural, los acabados, se modifica entre el desarrollo del diseño y los documentos finales del contrato. Para lograr el éxito de la luz natural en muchas situaciones comerciales, sanitarias, institucionales, industriales y hoteleras, los reflejos recomendados por IES de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente) suelen ser mínimos. Estas reflectancias también tienen un efecto significativo en la eficiencia y calidad del sistema de iluminación eléctrica.

Cuadro 20.5 | Lista de Verificación del Plano de Iluminación Natural

Componente	Característica
Arquitectura	**Medios de Luz Diurna** • transmitancias de acristalamiento • triforios • color • difusa o transparente • monitores • claraboyas •T vels • ventanas • configuraciones de pozo
	Geometría • distribuir la luz del día • equilibrar las luminancias
	Redirección • estantes ligeros • reflectores especulares
	Sombreado • eléctrico/automatizado • preservación de imágenes • T vels • arquitectónico • brise soleils • aletas • estantes luminosos • voladizos
Terminaciones	**Cielorrasos/Paredes-Particiones/Pisos** • mate • LRV altos
	Medios de luz diurna • brise soleil • estante de luz • tragaluz
Amueblado	**Tabiques** • alturas • transparencias
	Orientación de la estación de trabajo

20.8 REFERENCIAS

[1] Steffy G. 2008. Architectural lighting design, 3rd edition. Hoboken: John Wiley & Sons. pp 107-128.

[2] United States National CAD Standard® - Version 4.0 (Washington, DC: National Institute of Buildings Sciences, 2007), p. CLG-29.

[3] United States National CAD Standard® - Version 4.0 (Washington, DC: National Institute of Buildings Sciences, 2007), p. UDS-06.122.

[4] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2000. Design Guide for Application of Luminaire Symbols on Lighting Design Drawings ANSI/IESNA DG-3-00. New York: IESNA. pp. 4-6.

[5] The Construction Specifications Institute and Construction Specifications Canada. 2011. MasterFormat™ 2011 Update - Master list of numbers and titles for the construction industry. Alexandria, Va: CSI.

[6] The Construction Specifications Institute and Construction Specifications Canada. 2011. MasterFormat™ 2011 Update - Master list of numbers and titles for the construction industry. pp 315-317. Alexandria, Va: CSI.

[7] Steffy,G. 2002. Architectural lighting design, 2nd edition. New York: John Wiley & Sons. pp 204-255.

[8] Southern California Edison. 1999. Lighting specifications, classroom lighting [Internet]. Southern California Edison. [cited April 2020]. Available from: http://www.sce.com/NR/rdonlyres/D96ACF23-8409-40C5-90BF-4FC3AF982F79/0/LG_Part4.pdf.

[9] [IALD] International Association of Lighting Designers. 2009. Guidelines for specification integrity, 2009 Edition [Internet]. IALD. [cited July 2010]. Available from: http://62.128.151.219/Library/A1e6jn/IALDGuidelinesforSpe/resources/index.htm?referrerUrl=http%3A%2F%2Fwww.iald.org%2Fcouncil%2FGuidelinesforSpecificationIntegrity.asp.

[10] Benya J and others. 2003. Advanced lighting guidelines. White Salmon, WA: New Buildings Institute. p 8-14.

APLICACIONES

APLICACIONES

El IES introduce una amplia gama de criterios para abordar muchas situaciones que enfrenta el diseñador. En una es en la que se sabe que la visión cambia significativamente con la edad, donde las tareas varían mucho según la aplicación y los observadores, donde la energía y los recursos terrestres son escasos y donde los usuarios esperan entornos productivos y cómodos, es apropiado un conjunto sólido de criterios. Las aplicaciones de iluminación están ordenadas aquí alfabéticamente y generalmente siguen los homónimos arquitectónicos. Las aplicaciones presentadas son aquellas que se encuentran comúnmente o que son importantes para la sociedad o donde la iluminación puede hacer una contribución importante a la calidad general del espacio para vivir o trabajar. Se cree que la amplitud y profundidad de estas aplicaciones son suficientes para que aplicaciones nuevas o diferentes puedan correlacionarse con algunos aspectos de las aquí presentadas, dando así al diseñador una base para desarrollar criterios y, posteriormente, diseños.

Aquí se presentan recomendaciones de criterios de iluminación analíticos o cuantitativos para el desarrollo de sistemas de iluminación arquitectónica de potencia normal. Las recomendaciones de IES identifican iluminancias y uniformidades que se consideran necesarias para que los usuarios realicen diversas funciones y tareas en una amplia gama de aplicaciones. Cumplir estos criterios puede dar como resultado una solución de iluminación técnicamente competente y estéticamente apropiada. Sin embargo, los resultados generalmente son tan buenos como el tiempo y el esfuerzo dedicados a idear y analizar, la amplitud y profundidad de la información disponible a través de la programación, el equipo de diseño y las aportaciones del cliente, la medida en que se emplean los criterios descritos en la Sección de Diseño anterior, y el nivel de detalle aplicado para resolver el problema de diseño.

La iluminancia es extraordinariamente robusta, pero sólo cuando se manipula para abordar las necesidades de luminancia y relación de luminancia de observadores específicos en situaciones específicas. Las listas de aplicaciones y tareas y los rangos de edad recientemente revisados ofrecen una profundidad y amplitud sin precedentes en el establecimiento de criterios para proyectos específicos. Un nuevo énfasis en los criterios de iluminancia vertical y en el acento ayuda al objetivo de los diseñadores de satisfacer las necesidades de visión de los usuarios. Las formas de acentuación ofrecen a los observadores alivio visual y contribuyen a las percepciones de brillo, la atracción visual y la orientación.

En la siguiente página doble, una sucinta Guía del usuario identifica los principales componentes escritos y gráficos utilizados para transmitir las recomendaciones de IES.

El idioma inglés tiene sus peculiaridades. Una palabra puede tener múltiples definiciones. Lea con atención y dentro del contexto.

Este no es un manual de cumplimiento de códigos ni una lista de todos los requisitos del código. Los códigos, estándares y mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES. El diseñador es responsable de identificar aquellos aplicables a cualquier proyecto determinado y debe diseñar en consecuencia.

Para obtener más detalles sobre el diseño de iluminación y los criterios relacionados con tipos de aplicaciones específicos, el IES ofrece prácticas recomendadas, guías de diseño y memorandos técnicos. Estos están disponibles en IES Bookstore en www.ies.org. Los documentos relacionados con las solicitudes publicados después de 2010 ofrecerán material consistente con este manual o más actualizado.

Guía del Usuario

Resumen de Criterios

Un resumen de criterios presentado como una lista de verificación se encuentra cerca del comienzo de la mayoría de los capítulos. Las referencias a capítulos, secciones y tablas relevantes se citan para una referencia conveniente a los criterios relevantes para la solicitud bajo consideración.

Notas sobre los Tipos de Aplicaciones

Las discusiones sobre varios tipos de aplicaciones se centran los aspectos de iluminación que son importantes para diseños exitosos para los tipos de aplicaciones y tareas específicas. Por ejemplo, dependiendo del tipo de aplicación, se pueden tomar notas sobre controles, reproducción cromática o temperatura de color, sobre desafíos específicos de la aplicación, sobre energía, sostenibilidad, intrusión lumínica o contaminación lumínica, sobre criterios de iluminancia específicos o sobre los efectos de Situaciones arquitectónicas únicas según criterio y diseño.

Recomendaciones de Iluminancia

Las tablas fáciles de leer describen las recomendaciones de iluminancia para varios tipos de aplicaciones enumeradas alfabéticamente. Los objetivos de iluminancia horizontal y vertical basados en las edades visuales de los observadores se presentan con los respectivos criterios de uniformidad.

Orientación Colateral

Se identifican los tipos de aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un contribuyente potencial. Cuando los reflejos velados son una amenaza potencial para la visibilidad, esto se toma en cuenta. También se indican áreas típicas de cobertura de iluminancia desde la tarea propiamente dicha hasta un área grande.

Table 28.2 | Hospitality and Entertainmen

Applications/Tasks*	Notes
ACCENTING	Accenting influenc attraction and way consideration in an
ADMINISTRATION	See 22 | LIGHTING F
BALLROOMS	
• Breakout/Prefunction	
• Accenting	
• Art	On artwork plane (
• Feature Wall	On wall plane
• Perimeter	On wall plane
• Circulation	E_h @floor; E_v @5' AF
• No Event/Off Hours	E_h @floor; E_v @5' AF
• Registration Tables	E_h @2' 6"; E_v @4' AF
• Social Function	E_h @2' 6"; E_v @4' AF

Notas de Aplicaciones

Las notas relacionadas con aplicaciones y tareas específicas se encuentran convenientemente ubicadas junto a cada instancia de la tabla.

Ejemplos

Las fotografías ejemplifican la iluminación de algunos de los distintos tipos de aplicaciones. Los subtítulos identifican aspectos de criterios relevantes o la importancia de los efectos de iluminación. Cuando se dispone de información específica sobre criterios de iluminancia, lámparas, luminarias, técnicas o detalles, se informa. En cada capítulo se utilizan algunas fotografías cuidadosamente seleccionadas como inspiración sobre técnicas y efectos de iluminación. Algunas exhiben luz de relleno fotográfico, otras han sido mejoradas digitalmente y algunas son bastante sinceras. Sin embargo, todos ellos fueron seleccionados por su capacidad para transmitir la esencia de las aplicaciones y tareas y de la iluminación. Sin embargo, nada se compara con experimentar los entornos de primera mano.

Barras Laterales

Special criteria, architectural features, or new or uncommon terms are explained in sidebars.

Referencias de Recursos (no mostrado aquí)

Además de las barras laterales, los cuadros de texto de referencia de recursos se encuentran en los márgenes laterales y guían al lector a áreas relacionadas del manual para obtener más detalles sobre información general.

• Registration Tables
• Social Function

Applications | Lighting for Hospitality and Entertainment

Figure 28.3 | Entries as Arrivals
The porte cochere on this 21-story urban hotel provides a unique and visually exciting arrival. The 1 W-blue-LED-lamped porte cochere acrylic cylinders and 3 W-6500 K-LED-lamped 10°-beam downlights 1 integrated into the structure meet the illuminance recommendations for BUILDING ENTRIES/Porte Cocheres/High Activity/LZ4 in Table 22.2.
Various lighting effects are used to figuratively and literally lead people into the foyer and registration lobby. The criteria outlined in Table 28.2 under TRANSITION SPACES/Accents/Significant Focal Point were used on the interior feature wall 2. This is lighted with a continuous wall slot lamped with 39W/PAR20/CMH 10°-beam spot lamps fitted with linear spread lenses to generate strong luminance for visual attraction. Lamp CCT is 3000 K and CRI is ≥82, a further contrast to the exterior porte cochere contributing to dimensional distinction and visual attraction.
» Image ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

28.2.5 Business Centers

Although business centers are a utilitarian amenity in hospitality facilities, their lighting can help distinguish these from uninspired back-room spaces. Every public space in a hospitality or entertainment facility contributes to the clientele's experience and overall satisfaction.

28.2.6 Conferencing

The lighting of conferencing facilities is addressed in 22 | LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS. In hospitality and entertainment facilities, conference spaces are most likely to be used by uninitiated clientele. Here, simple preset controls are best with two to four scenes and clearly marked keypad buttons (for example, MEET, AV, VIDEOCON, and OFF). If daylight control is necessary for any of these scenes, this too is automated with the lighting presets for convenience. A photocell may be interfaced with the preset lighting control system for optimal viewing conditions and energy savings. However, this may warrant introduction of a daylight control override which itself is likely to cause operator confusion. These are details to address with the client during programming and design.

Similar to situations involving ballrooms with no sound and light locks, the prefunction or circulation areas adjacent to conference centers may require close design scrutiny to avoid annoying distracting brightnesses as meeting attendees come and go. Lighting in adjacent circulation or prefunction areas can be tied into conference room presets. Alternatively, lighting effects and strategic location of low-reflectance surface finishes in adjacent circulation areas can limit visual distraction as conference room doors open and close.

28.2.7 Control Booths

Control booths are used wherever sound or light control or both are required from an isolated space with visual connection to the space under control. These may be used in auditoria, ballrooms, exhibit halls, and theaters. Control booths are also used in radio and broadcast studios. Programming must determine if the booth needs to be darkened and inconspicuous or if it is to be a part of the space under control where two-way viewing and observation is desirable. Where a dark booth is necessary during performances, step-lights might be used to illuminate the floor with very discrete, optically well-controlled,

28.22 | The Lighting Handbook   IES 10th Edition

Table 28.1 | Hospitality and Entertainment Lighting Checklist

Topics
✓ Criteria and Design Resources
Accenting
15.1.1.3 Accent Lighting
Table 12.2 | Subjective Impressions
Table 15.2 | Accent Illuminance Ratios
Table 22.2 | Common Applications Illuminance Recommendations
Appearance
12.2 Spatial Factors
Color
12.5.6 Color Considerations
Controls
16 | LIGHTING CONTROLS
Daylighting
14 | DESIGNING DAYLIGHTING
Electric Lighting
15 | DESIGNING ELECTRIC LIGHTING
Flicker
4.6 Flicker and Temporal Contrast Sensitivity
Glare
4.10.1 Discomfort Glare

28.1 Project Type and Status

An understanding of the project type and scope is necessary before commencing design work. This will establish the extent to which daylighting can address the lighting goals. New, renovation, and restoration projects each offer varying opportunities. See 11.2 Planning, 11.3.1 Pre-design, and 11.3.2 Schematic Design. At every opportunity the lighting designer should give every consideration to daylighting as a light source. For some applications and tasks, daylighting can be the primary light source. Critically, this means addressing the host of lighting design factors identified in 12 | COMPONENTS OF LIGHTING DESIGN. Daylight demands attention to moderate or eliminate glare and balance visible and thermal energy.

28.2 Application Types

To develop lighting solutions that meet quality, quantity, and operational criteria, an inventory is made of the hospitality and entertainment space types under consideration and the anticipated occupants, functions, and tasks (see Table 11.2 | Programming: Inventory Scope and Specific Examples and Table 12.3 | Sample Visual Task Survey). Otherwise, lighting cannot be best targeted to the users, their expectations, functions and tasks.

Space type definitions are required early in the project design in order to track design efforts that include inventorying the project knowns, anticipated functions, and tasks and calculating lighting, power, and energy compliance. Room names, from which functions can be deduced, and numbers for tracking should be clearly marked on architectural backgrounds.

- Client wishes and architectural desires
- Degree to which clientele or business prospects visit administrative operations
- View between administrative areas and hospitality or entertainment areas
- Management style and immersion in hospitality or entertainment functions

28.2.3 Ballrooms

Ballrooms are typified by their size and flexibility in use. Ballrooms are typically configurable from one very large space to multiple smaller spaces. Lighting and controls must be laid out to address the various sizes and configurations. Functions are quite varied even within designations dining, exhibition, demonstration, and presentations. This usually requires design of a controls system that may demand operators instructed in the use of the system. Additionally, in smaller meeting room setups it may be necessary to [redacted]mplified controls accessible to participants to accommodate AV presentations and overhead projection without the need for professional staffing.

Challenges include lighting system efficiency given high ceilings and large space volumes. Light-finish ceiling and wall surfaces are important. Provisions for entertainment lighting are usually required. Some ballroom designs include sound and light locks where lighting should be designed to manage the luminance change from a darkened ballroom to the adjacent prefunction space. See Figure 24.2 | Sound and Light Lock. If no sound and light locks are employed, then the adjacent prefunction and circulation areas should be designed to limit brightness distractions. This may involve linking the lighting in the prefunction and circulation areas with ballroom lighting controls so that lighting tracks ballroom presets.

Figure 28.2 illustrates a typical ballroom setup and identifies the architectural lighting to support that and other setups.



Figure 28.2 | Ballrooms
This ballroom can be reconfigured into as many as five smaller ballrooms or meeting rooms. Lighting layouts and control zoning and the controls are arranged to accommodate the variations. A combination of cove lighting (not energized here), chandeliers, and recessed downlights (not energized here) are employed. The coves use dimmable long compact fluorescent lamps, the chandeliers use nondim CFLs, and the downlights and accents use halogenIR$_{120V}$. The chandeliers use two zones of control for 2-level lighting. Lamp CCT is 3000 K and CRI is ≥82 and the chandelier lenses are color-tuned to achieve the look of a filament-lamp glow. Stage lighting rigging and instruments are in place for entertainment lighting at this dinner banquet.
▸ Image ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

MMON … rtainment … itality and … getaways, or … fraternizing). … ure and lighting … when necessary … demanding … ve lighting zone. … rant, or theater. … d of time, but if … ivity are likely. … ul the timing of … dium to high … edium to high … This may demand … e through manual … other aspects … established in … ur to which the … r tasks. Night- … ibility guides, or … G FOR EXTE- … ined Outdoor

Applications | Lighting for Hospitality and Entertainment

…t Facilities Illuminance Recommendations

	Recommended Maintained Illuminance Targets (lux)[b,c,d]										Uniformity Targets[e]					Typical Area of Coverage[h]	
	Horizontal (E_h) Targets					Vertical (E_v) Targets					Over Area of Coverage (1st ratio E_h/2nd ratio E_v if different uniformities apply)			[f]	[g]		
	Visual Ages of Observers (years) where at least half are					Visual Ages of Observers (years) where at least half are										Task Proper or Task Area	Room or Designated Area
	Category	<25	25-65	>65	Gauge	Category	<25	25-65	>65	Gauge	Max:Avg	Avg:Min	Max:Min				
…s observers' overall brightness perceptions and provides visual relief. Accenting is also used for visual …nding. See 22 | LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS/ACCENTING for default accenting criteria for … application.																	
…OR COMMON APPLICATIONS																	
…pically vertical)								see Table 15.2				see 15.1.1.3					
								see Table 15.2				see 15.1.1.3					
								see Table 15.2				see 15.1.1.3					
	K	25	50	100	Avg	G	7.5	15	30	Avg		3:1					
	K	25	50	100	Avg	G	7.5	15	30	Avg		3:1					
	O	100	200	400	Avg	L	37.5	75	150	Avg		4:1					
	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg		3:1					

Applications | Lighting for Hospitality and Entertainment

Notes for Table 28.2

The table column headings are discussed in detail in 28.3 Illuminance Criteria. See 12.5.5 Illuminance for discussion on procedures for establishing illuminance targets for a project. See Table 28.3 | SI Dimensional Conversions.

a. Applications, tasks, or viewing specifics encountered on any given project may be different from these and may warrant different criteria. See 28.3.1 Applications and Tasks. The designer is responsible for making final determinations of applications, tasks, and illuminance criteria. Outdoor tasks are so noted.
b. Values cited are to be maintained over time on the area of coverage.
c. Values cited are consensus and deemed appropriate for respective functional activity. In a few situations, code requirements are within 10% of IES recommendations. This is apparently an artifact of metrication. Footcandle conversions of any values cited in Table 28.2 should be made at 1 fc to 10 lx. Regardless, codes, ordinances, or mandates may supersede any of the IES criteria for any of the applications and tasks and the designer must design accordingly.
d. Targets are intended to apply to the respective plane or planes of the task.
e. Illuminance uniformity targets offer best results when planned in conjunction with luminance ratios and surface reflectances. Any parenthetical uniformity values reference respective parenthetical applications or tasks, such as a curfew situation associated with nighttime outdoor lighting.
f. Applications and tasks cited with sunburst icon are candidates for [redacted]ying any combination of daylighting and electric lighting to achieve target values during daylight hours. Daylighting may require unconventional approaches.
g. Tasks with specular components, like computers with CSA/ISO Type III screens or printed tasks with glossy ink or glossy paper, are prone to veiling reflections. The likelihood of an application's or task's predisposition to veiling reflections is indicated by the reflected-light icon: black and white signals high likelihood; gray and white signals moderate likelihood; pale gray and white signals some likelihood; and all-white signals little-to-no likelihood.
h. The designer must establish areas of coverage to which targets apply. Green highlight identifies task proper or task area as the typical area of coverage for respective cited targets. Amber highlight identifies room or designated area as the typical area of coverage for respective cited targets.
i. "High Light Setting" typically employed where exhibit displays have little or no internal lighting and where no theatrical rigging is used. "Low Light Setting" typically employed where exhibit displays have significant internal lighting or where theatrical rigging and instruments are used. "Low Light Setting" used for set-up, tear-down, and cleanup.
j. See Table 22.4 | Indoor and Nighttime Outdoor Activity Level Definitions.
k. See Table 26.4 | Nighttime Outdoor Lighting Zone Definitions. Nighttime illuminance targets are intended for application during dark hours of operation where lighting is deemed necessary or desirable. At curfew (client- or jurisdiction-defined), if lighting is still deemed necessary or desirable, then reduce lighting as indicated. See Table 26.5 | Recommended Light Trespass Illuminance Limits for recommended light trespass illuminance limits.
l. Make half the illuminance available from lamps exhibiting CCTs of 5000 K or 6500 K and CRI ≥85 and half from lamps exhibiting CCTs of 2700 K or 3000 K and CRI ≥85. Provide three control settings: for one CCT; for the other CCT; and for both CCTs to be energized for maximum viewing flexibility.

Applications | Lighting for Hospitality and Entertainment

and dimmable task lighting illuminating control boards and notes. If programming determines that the control board devices and readouts are backlighted and if notes are displayed on computer, then only floor illuminance is needed during performances. Significant illuminances may be necessary for cleanup and for set-up and tear-down, depending on the permanence of the equipment in the booth. Figure 28.4 illustrates a typical control booth location as seen from the house.

28.2.8 Exhibit Halls

Convention centers and some hotels have exhibit halls of varying sizes. These multipurpose facilities, depending on their size and geographic locale may temporarily house training sessions, trade shows, religious gatherings, vehicular and sports shows, and large corporate and union functions. The normal power architectural lighting system typically accommodates set-up, tear-down, and some amount or all of the functional requirements of some of these various events. Luminaires are typically controlled in small groups to allow for efficient operation of incrementally smaller or larger events or permit some degree of tuning of light levels to types of displays. However, considerable electrical and structural infrastructure is necessary for theatrical rigging and for exhibit-integrated lighting to accommodate all situations. Figure 28.5 identifies just a few basic approaches. These facilities are made more appropriate for activities beyond exhibit displays if wall and/or ceiling surfaces are lighted. This addresses some elements identified in 12.2 Spatial Factors.

28.2.9 Fitness Centers

The fitness center involves a number of situations where, although workout and conditioning are "the tasks," how people look and feel about themselves and their depth of engagement in exercising are as important. Lighting should be flattering and accommodate conversation and video-watching. Video watching may be susceptible to veiling reflections, so harsh directional lighting should be avoided. Well-shielded direct or totally indirect lighting are often appropriate given the potential for users looking to the ceiling during exercise sessions.

Many fitness centers, even in hotels, are a revenue stream and operate like a club. Here, reception and waiting, locker rooms and showers, and even retail areas are common. Lighting should be sympathetic to the fitness experience and to a club atmosphere. These facilities typically have swimming pools and hot tubs indoor or outdoor. Overlighting or gymnasia-like techniques should be avoided as these risk the potential for direct glare and wasted energy. For indoor pools, the anticipated activity level determines illuminance recommendations. See Table 22.4 for indoor activity level definitions. Lighting within the pools and hot tubs is necessary for observation of occupants and for comfortable use during dark-hours of operation or when daylight is insufficient. Vendors of such equipment should be consulted for recommendations on underwater luminaire wattage and lumen requirements for a given situation.

All pool criteria outlined in Table 28.2 are intended for relaxation and non-competitive exercising. For competitive situations, see 37 | LIGHTING FOR SPORTS AND RECREATION. Figure 28.6 illustrates an indoor hospitality pool application. Pool lighting should be planned with respect to maintenance and addressed with the client prior to final layouts and specifications.

Veiling reflections from pools are common in indoor and outdoor situations depending on view angles and sight lines. Daylighting and electric lighting can be arranged to limit veiling reflections, but this is practical where a fixed position view, such as that of a lifeguard can be planned or where polarized-lens eyewear is used as in outdoor situations.

With outdoor pools, the activity level and the nighttime outdoor lighting zone determine illuminance recommendations. See Table 22.4 for nighttime outdoor activity level



Figure 28.4 | Control Booth
The sound and light booth for this large auditorium (top center) houses sound and lighting control boards and can accommodate follow spots. Some of the theatrical lighting instruments controlled from the booth are just visible in a "seam" in the *laylight* (top left).
▸ Image ©Balthazar Korab Photography Ltd.

Laylight is an architectural feature or element that is a decorative light diffuser typically positioned below a skylight or roof monitor. Patterns of obscuring decorative glass or acrylic diffuse the light. Where no skylight or monitor exists or during dark hours, electric light is used to backlight the decorative diffuser [4].

Se presenta aquí en documento original como referencia.

User's Guide

Criteria Summary
A criteria summary presented as a checklist is near the beginning of most chapters. References to relevant chapters, sections, and tables are cited for convenient reference to criteria relevant to the application under consideration.

Notes on Application Types
Discussions on various application types key on lighting aspects that are important to successful designs for the specific application types and tasks. For example, depending on the application type, notes might be made on controls, color rendering or color temperature, on challenges specific to the application, on energy, sustainability, light trespass or light pollution, on specific illuminance criteria, or on the affects of unique architectural situations on criteria and design.

Illuminance Recommendations
Easy to read tables outline illuminance recommendations for various application types listed alphabetically. Horizontal and vertical illuminance targets based on observers' visual ages are presented with respective uniformity criteria.

Collateral Guidance
Application types and tasks where daylighting is considered a potential contributor are identified. Where veiling reflections are a potential threat to visibility, this is noted. Typical areas of illuminance coverage from task proper to large area are also indicated.

Application Notes
Notes related to specific applications and tasks are conveniently located alongside each instance of the table.

Examples
Photographs exemplify lighting of some of the various application types. Captions identify relevant criteria aspects or significance of lighting effects. Where specific information is available on illuminance criteria, lamps, luminaires, techniques, or details, this is reported. A few carefully selected photographs are used in each chapter as inspiration on lighting effects and techniques. Some exhibit photo-fill light, others have been digitally enhanced, and some are quite candid. Yet these were all selected for their ability to convey the essence of the applications and tasks and of the lighting. Nothing, however, compares to experiencing settings first hand.

Sidebars
Special criteria, architectural features, or new or uncommon terms are explained in sidebars.

Resource References (not shown here)
In addition to sidebars, resource reference text boxes are positioned in side margins guiding the reader to related areas of the handbook for more detail on background information.



21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE

En el momento en que haces trampa por el bien de la belleza, sabes que eres un artista.

David Hockney, artista inglés [1]

Contenido

El arte está en los ojos del espectador y como tal posee valor para al menos una persona. Los objetos valorados para las colecciones de los museos son aquellos de importancia científica, artística o histórica y comúnmente incluyen bellas artes, antigüedades y artefactos. Para intereses comerciales, otros institucionales o privados, los objetos valorados también pueden ser aquellos de importancia sentimental, corporativa o de importancia institucional o de considerable valor monetario. El propósito, el valor y la exhibición prevista de los objetos influyen en gran medida en su iluminación. A diferencia de otras aplicaciones, la iluminación para el arte puede, de hecho, referirse más a la iluminación de la tarea, en

este caso la obra de arte, que para el observador. Cuando las obras de arte se consideran dignas de conservación, la radiación óptica debe limitarse en magnitud y espectro, de lo contrario se inducirá o acelerará el daño a los objetos. Este capítulo analiza la iluminación de obras de arte independientemente del lugar de exhibición. Aquí también se aborda la iluminación de las instalaciones de los museos.

Los esfuerzos de diseño integral implican sintetizar la información de este capítulo con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA, 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA y, para instalaciones que no sean museos, el capítulo de aplicación del lugar de exhibición de arte. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los detalles de iluminancia relacionados con la iluminación para arte y para aplicaciones de museos que deberían influir en las selecciones ópticas de luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas de diseño (ver 15.2 Un esquema de iluminación). El uso del material de este capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES proporcionan referencias de archivo [2] [3].

Se debe pensar cuidadosamente en los detalles más allá de las citas de iluminancia en este capítulo. Por ejemplo, en la Tabla 21.2 la cita EXPOSICIONES Y GALERÍAS/Objetos/Alta sensibilidad a la luz identifica la iluminancia de aquellos objetos considerados altamente sensibles a la luz. Estos criterios son máximos. Si tal objeto u objetos se exhibieran en la pared de una oficina, sala de conferencias o vestíbulo, entonces el diseñador debe evaluar la iluminancia vertical que cae sobre los objetos desde todos los medios productores de iluminación, incluida la luz natural, en el espacio para determinar que esto no excede la iluminancia máxima recomendada. Esto es contrario a la noción de agregar luz específicamente para resaltar los objetos mostrados. Puede que no sea necesario introducir equipos de iluminación únicamente para iluminar los objetos. De hecho, el equipo de iluminación utilizado en estos espacios para acentuar el ambiente, las tareas y otros aspectos puede iluminar significativamente los objetos y acelerar su daño. Tal análisis puede no parecer necesario o incluso obvio, pero el diseñador debe preocuparse por los efectos de toda la iluminación en un espacio. La Tabla 21.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación de IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación interior y exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios de IES y reemplazarlos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

21.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen diferentes oportunidades. Al igual que los tipos de obras de arte exhibidas y la intención de su exhibición. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño esquemático. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar los objetivos de iluminación de las obras de arte. Aunque se deben dar todas las oportunidades a la luz natural como fuente de luz, la sensibilidad de las obras de arte a la luz debe tener una relación directa con la aplicabilidad de la luz natural. La luz del día exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica que puede dañar las obras de arte.

21.2 TIPOS DE APLICACIONES

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los aspectos operativos, de calidad y de cantidad, se debe inventariar los tipos de espacios de aplicación artística que se consideran y, en consecuencia, los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no podrá adaptarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas. Las definiciones del tipo de espacio se requieren en las primeras etapas del diseño del proyecto para poder realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos

conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de iluminación, potencia y energía. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, así como los números para el seguimiento, deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 21.2 | Las recomendaciones de iluminancia de las instalaciones artísticas deben revisarse con los conocimientos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos y funciones de espacio nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaraciones con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 21.2. Las aplicaciones artísticas deben definirse cuidadosamente. Los objetos dignos de preservación generalmente se clasifican según su sensibilidad a la luz:

• Alta sensibilidad

• Baja sensibilidad

• Sin sensibilidad

La tabla 21.3 identifica las categorías de sensibilidad a la luz para los objetos mostrados y cita ejemplos.

Las situaciones de visualización previstas pueden afectar significativamente la iluminación de la pantalla. Consideremos las implicaciones de un objeto altamente sensible a la luz en una colección privada en la bodega de una casa de verano frente a un objeto similar en una colección de museo. El riesgo de daños por exposición a la luz en el museo probablemente sea mayor que en el ejemplo de la colección privada. Independientemente, en cualquier situación con objetos tan sensibles, el diseñador de iluminación está obligado a documentar e informar las recomendaciones de los criterios de IES, pero teniendo en cuenta los deseos del cliente. La siguiente discusión se centra en los principales títulos de aplicaciones de la Tabla 21.2. Combine esto con los temas de la Tabla 21.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

21.2.1 ACENTUACIÓN

En muchas aplicaciones, la acentuación se puede utilizar para afectar positivamente las percepciones de brillo de las personas y proporcionar alivio visual. El acento también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Las técnicas y criterios de iluminación de acento predeterminados se identifican en la Tabla 21.2. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Acentuar las obras de arte introduce puntos focales de relieve visual en los entornos de trabajo. Acentuar suavemente las obras de arte selectivas promueve una impresión de relajación (ver Tabla 12.2 | Impresiones subjetivas). Si bien es bueno para las personas, acentuar las obras de arte puede dañarlas.

El equipo debe comprender la intención del cliente con los objetos de arte. Cuando el arte es una colección de objetos de valor bajo el cuidado de un cliente para las generaciones futuras, entonces, dependiendo de la composición de los objetos, la exposición a la radiación visible y ultravioleta debe estar bien controlada en intensidad, tiempo de exposición o ambos. Los criterios de iluminancia deben seguir las recomendaciones de la Tabla 21.2 en EXHIBICIONES Y GALERÍAS y analizadas en 21.2.7 Exposiciones y Galerías. Cuando los objetos de arte son fácilmente reemplazables o se consideran un producto comercial y cuando el cliente no tiene expectativas sobre la longevidad de las obras, los criterios de iluminancia pueden seguir las recomendaciones de la Tabla 21.2 bajo ACENTUACIÓN. El desafío del diseño es asegurar una definición clara de la intención del cliente con los objetos de arte. Existen métodos para exhibir objetos aparentemente muy sensibles a la luz en entornos públicos y de trabajo e iluminarlos para beneficio del público espectador sin tener en cuenta dañar los objetos. Algunas técnicas de reproducción como la que se muestra en la Figura 21.1 pueden mostrar imágenes icónicas en medios rentables y fáciles de reproducir. La Figura 21.2 ilustra la iluminación de réplicas de banderas históricas en un entorno histórico.

21.2.2 ADMINISTRACIÓN

En proyectos de museos y galerías, las áreas administrativas pueden ser parte del alcance del proyecto. La iluminación de estas áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de la tarea pueden variar según la instalación de arte asociada, desde una galería en un entorno de educación superior hasta museos públicos y privados. Estas distinciones pueden afectar el diseño de iluminación al influir en los tipos de efectos de iluminación, el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias. En proyectos grandes, las áreas administrativas pueden estar dispersas a lo largo de una instalación o complejo artístico o pueden centralizarse en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y de los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas simpatiza o difiere del de otras aplicaciones y tareas en la instalación artística en cuestión.

Cuadro21.1/ Lista de Verificación en Iluminación de Arte

Tópicos
✔ **Criterio y Recursos de Diseño IES**
Acentuación
15.1.1.3 Tabla de Iluminación de Acento 12.2/ Tabla de Impresiones Subjetivas 15.2/ Tabla de Relaciones de Iluminancia de Acento 22.2 / Aplicaciones comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
Cuadro 6.1 | Preguntas de Diseño relacionadas con el Color 12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO DE LUZ DIURNA
Iluminación Eléctrica
15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad Temporal al Contraste
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo 4.10.2 Deslumbramiento Discapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Tabla 21.2 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas Tabla 12.6/ Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada Figura 12.22/ Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución de la Luz
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia Tabla 12.5 | Relación de Luminancia Predeterminadas Recomendaciones
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Integración de Sistemas
12.6 Factores del Sistema
Reflejos tipo Velo
This Chapter: Section 21.3.6 12.5.4 Veiling Reflections
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 21.2 **Este Capítulo: Cuadro 21.2** Tabla 11.21 Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos 12.5.1 Tareas Visuales Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales



FIGURA 21.1 | MEDIOS ARTÍSTICOS

Las imágenes icónicas reproducidas en lienzo pueden no considerarse dignas de conservación y, por lo tanto, no se consideran tan sensibles a la luz como las fotografías originales. Los bañadores de pared estenopeicos con lentes lineales, equipados con lámparas halógenas RLV MR 16/NFL de 37 W, cumplen los criterios para objetos de baja sensibilidad a la luz y resaltan suavemente la pared y el arte. » Imagen ©Beth Singer Photographer, Inc.

21.2.3 ATRIOS Y PATIOS

La iluminación de atrios y patios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Sin embargo, en las instalaciones de arte estos espacios pueden estar diseñados específicamente para exhibir objetos además de ser lugares de respiro. Cuando se trata de obras de arte, se debe tener mucho cuidado al definir la sensibilidad de los objetos a la luz y diseñar en consecuencia.

21.2.4 AUDITORIOS

La iluminación de los auditorios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

21.2.5 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

21.2.6 LABORATORIOS DE CONSERVACIÓN

Aunque la conservación de obras de arte se basa en análisis científicos para establecer los sustratos, diseños y colores subyacentes, el trabajo de conservación implica procedimientos delicados y altamente artísticos. La iluminancia disponible y la direccionalidad de la luz pueden ayudar o dificultar mucho la conservación. Además, el propio acto de iluminación perjudica muchas de las obras a conservar. Los laboratorios suelen ser espacios independientes o incluso

instalaciones independientes donde la iluminación es muy flexible y se controla discretamente para ayudar en el proceso de conservación y al mismo tiempo limitar la exposición. Las iluminancias de conservación se pueden lograr mejor con un sistema de iluminación de trabajo que debe tener un control de atenuación para permitir la adaptación a la materialidad, el acabado y el nivel de conservación del objeto específico. La iluminación ambiental también debe estar controlada por un atenuador y dividida en zonas para permitir que se establezcan áreas relativamente pequeñas según sea necesario. Todas la lámparas en los sistemas de iluminación de tareas en laboratorios de conservación deben exhibir un CRI de 100.

Las lámparas en los sistemas de iluminación ambiental deben exhibir un CRI >85. Las lámparas o las técnicas de atenuación no deben provocar cambios de color ni reducción de la reproducción cromática. En muchas situaciones, aunque no en todas, como ilustra la Figura 21.3, cualquier uso de la luz natural debe estar bien controlado y permitir un apagón total. Se deben utilizar sensores de vacancia para limitar estrictamente la exposición a la luz.

21.2.7 EXPOSICIONES Y GALERÍAS

Las obras de arte, artefactos, antigüedades u otros objetos dignos de conservación deben definirse y ubicarse en el plano para desarrollar soluciones de iluminación adecuadas. Estos objetos se clasifican según su sensibilidad a la luz, por lo que puede ser necesaria la consulta con un conservador. Para fines de conservación, la Tabla 21.2 cita las iluminancias máximas recomendadas. No se puede evitar lo obvio, por draconiano que sea: los objetos dignos de conservación se conservan mejor en la oscuridad. Es posible que valga la pena repetir esto para el registro del proyecto. Es probable que otros aspectos ambientales, como la humedad y la temperatura, sean tan dañinos para los objetos, si no más, como lo son la radiación ultravioleta visible y la luz del día y otras fuentes. La iluminación es un factor suficiente para causar daños en algunos objetos, por lo que es necesario desarrollar diseños en consecuencia. Las razones para exhibir objetos dignos de conservación son su efecto en la psique humana, la comprensión de nuestro pasado, la apreciación de la contribución o la importancia de los demás seres humanos y la naturaleza, o todo esto. Por ello, estas exhibiciones de objetos se celebran con luz. Los niveles de luz y la duración de la exposición se pueden manipular para permitir esta celebración minimizando el daño a los objetos. El tiempo de exposición debe limitarse al mínimo práctico para que los usuarios puedan verlo. Se deben considerar sensores de vacancia o temporizadores o alguna combinación para limitar la exposición.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte EXHIBICIONES Y GALERÍAS para ver materiales dignos de conservación.								ver Tabla 15.2		
• Característica de Pared	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
• Punto Focal Importante	En el plano del punto focal			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
ADMINISTRACIÓN	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ATRIOS Y PATIOS	Ver 22 /ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AUDITORIA	Ver 24 /ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN										
ENTRADAS AL EDIFICIO	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
LABS. DE CONSERVACIÓN	Examen y tratamiento de obras de arte, artefactos y antigüedades, libros y materiales u objetos raros dignos de conservación. considerados de valor monetario o sentimental para las generaciones futuras y todos mencionados a continuación como objetos.										
• General[i,j,k]	E_h @2' 6"; E_v @4' 0" AFF	P	150	300	600	Max	P	150	300	600	Max
• Áreas de Tareas [i,j,l]	Sobre el área de trabajo detallado.	S	375	750	1500	Max	S	375	750	1500	Max
EXHIBICIÓN Y GALERÍAS	Exhibición de obras de arte, artefactos y antigüedades dignos de preservación, libros y materiales raros u objetos considerados de valor monetario o sentimental para las generaciones futuras y todos mencionados a continuación como objetos.										
• Circulación/General[i,j,k,m]	La iluminancia para la circulación y el fondo general en las galerías se basa en el grado de atracción visual previsto de los objetos mostrados. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los criterios de iluminación de circulación donde no hay arte para mostrar.										
Exhibidores con Focalizaciones Dramáticas	Circulación y fondo general en las galerías para preparar el escenario para que los objetos exhibidos aparezcan como puntos focales dramáticos.										
• Con Reflectancia del Objeto ≥0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio = 0.1 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.1 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran				
• Con Reflectancia del Objeto <0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio = 0.05 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.05 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran				
Exhibidores con Focalizaciones Moderadas	Circulación y fondo general para preparar el escenario para que los objetos mostrados aparezcan como puntos focales tenues.										
• Con Reflectancia del Objeto ≥0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio = 0.2 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.2 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran				
• Con Reflectancia del Objeto <0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio = 0.1 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.1 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran				
• Exhibidores Sometidos a Focalización	Circulación y fondo general para preparar el escenario para que los objetos mostrados aparezcan como puntos focales tenues.										
• Con Reflectancia del Objeto ≥0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio = 0.5 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.5 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran				
• Con Reflectancia del Objeto <0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio = 0.2 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.2 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran				
• Objetos[n]	Sobre el área de obras de arte, artefactos, antigüedades u otros objetos dignos de conservación. Consulte al propietario o administrador para clasificar la sensibilidad del objeto a la luz. A efectos de conservación, estas son las iluminancias máximas recomendadas. El tiempo de exposición debe limitarse al mínimo práctico para que los usuarios puedan verlo. Considere sensores de vacancia o temporizadores para limitar la exposición.										
• Alta Sensibilidad a la Luz [i,j,k]	Ver Tabla 21.3 para definición	K	25	50	100	Max	K	25	50	100	Max
• Baja Sensibilidad a la Luz [i,j,k]	Ver Tabla 21.3 para definición	O	100	200	400	Max	O	100	200	400	Max
• Sin Sensibilidad a la Luz [j,k]	Ver Tabla 21.3 para definición	T	500	1000	2000	Max	T	500	1000	2000	Max

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas Continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e]						
Sobre el Área de Cobertura 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
vea	15.1.1.3					
vea	15.1.1.3					
vea	15.1.1.3					
vea	15.1.1.3					
	2:1	4:1				
	2:1	4:1				
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1	4:1				
	2:1	4:1				
	2:1	4:1				

Se presenta aquí el cuadro anterior en una sola vista, para una mejor comprensión.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.													
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte EXHIBICIONES Y GALERÍAS para ver materiales dignos de conservación.								ver Tabla 15.2			vea	15.1.1.3	
• Característica de Pared	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2			vea	15.1.1.3	
• Punto Focal Importante	En el plano del punto focal			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2			vea	15.1.1.3	
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2			vea	15.1.1.3	
ADMINISTRACIÓN	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
ATRIOS Y PATIOS	Ver 22 /ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
AUDITORIA	Ver 24 /ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN													
ENTRADAS AL EDIFICIO	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
LABS. DE CONSERVACIÓN	Examen y tratamiento de obras de arte, artefactos y antigüedades, libros y materiales u objetos raros dignos de conservación. considerados de valor monetario o sentimental para las generaciones futuras y todos mencionados a continuación como objetos.													
• General [i,j,k]	E_h @2' 6"; E_v @4' 0" AFF	P	150	300	600	Max	P	150	300	600	Max		2:1	4:1
• Áreas de Tareas [i,j,l]	Sobre el área de trabajo detallado.	S	375	750	1500	Max	S	375	750	1500	Max		2:1	4:1
EXHIBICIÓN Y GALERÍAS	Exhibición de obras de arte, artefactos y antigüedades dignos de preservación, libros y materiales raros u objetos considerados de valor monetario o sentimental para las generaciones futuras y todos mencionados a continuación como objetos.													
• Circulación/General [i,j,k,m]	La iluminancia para la circulación y el fondo general en las galerías se basa en el grado de atracción visual previsto de los objetos mostrados. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los criterios de iluminación de circulación donde no hay arte para mostrar.													
Exhibidores con Focalizaciones Dramáticas	Circulación y fondo general en las galerías para preparar el escenario para que los objetos exhibidos aparezcan como puntos focales dramáticos.													
• Con Reflectancia del Objeto ≥0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF		Promedio = 0.1 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.1 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran					4:1	
• Con Reflectancia del Objeto <0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF		Promedio = 0.05 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.05 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran					4:1	
Exhibidores con Focalizaciones Moderadas	Circulación y fondo general para preparar el escenario para que los objetos mostrados aparezcan como puntos focales tenues.													
• Con Reflectancia del Objeto ≥0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF		Promedio = 0.2 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.2 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran					4:1	
• Con Reflectancia del Objeto <0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF		Promedio = 0.1 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.1 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran					4:1	
• Exhibidores Sometidos a Focalización	Circulación y fondo general para preparar el escenario para que los objetos mostrados aparezcan como puntos focales tenues.													
• Con Reflectancia del Objeto ≥0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF		Promedio = 0.5 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.5 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran					4:1	
• Con Reflectancia del Objeto <0.5	E_h @piso; E_v @5' AFF		Promedio = 0.2 veces por objeto E_h o como las cámaras lo requieran, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio de 0.2 veces por objeto E_v o como las cámaras lo requieran					4:1	
• Objetos [n]	Sobre el área de obras de arte, artefactos, antigüedades u otros objetos dignos de conservación. Consulte al propietario o administrador para clasificar la sensibilidad del objeto a la luz. A efectos de conservación, estas son las iluminancias máximas recomendadas. El tiempo de exposición debe limitarse al mínimo práctico para que los usuarios puedan verlo. Considere sensores de vacancia o temporizadores para limitar la exposición.													
• Alta Sensibilidad a la Luz [i,j,k]	Ver Tabla 21.3 para definición	K	25	50	100	Max	K	25	50	100	Max		2:1	4:1
• Baja Sensibilidad a la Luz [i,j,k]	Ver Tabla 21.3 para definición	O	100	200	400	Max	O	100	200	400	Max		2:1	4:1
• Sin Sensibilidad a la Luz [i,j,k]	Ver Tabla 21.3 para definición	T	500	1000	2000	Max	T	500	1000	2000	Max		2:1	4:1

Additional header columns (shown with symbols/colour marks only): f, g; Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas Continúa en la página siguiente

Notas para la Tabla 21.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 21.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 21.4 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 21.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 21.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.
Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del dia, si la luz del dia se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h . El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Utilice el control de detección de movimiento para apagar o atenuar la iluminación y ponerla en modo de espera cuando los espacios o áreas estén desocupados. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

j. Filtrar los rayos UV de la luz natural y de fuentes de luz eléctrica donde la radiación UV supere los 75 µW/lumen por debajo de 400 nm.

k. Utilice lámparas que presenten un CRI ≥ 85.

l. Equipar los laboratorios de conservación con luminarias portátiles regulables para las labores de tratamiento.

m.La circulación y la iluminación general en el espacio de una exposición o galería deben establecer el fondo contra el cual se experimentarán los objetos expuestos. Por lo tanto, esta circulación/iluminación general debe basarse en la experiencia de la visualización prevista y los valores de reflectancia de la pantalla. Se supone que la reflectancia de la superficie de la habitación son valores recomendados por LES de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente). Los LRV de superficie inferior de la habitación darán como resultado contrastes de iluminación más dramáticos. En ningún caso las iluminancias de los objetos dignos de conservación deberán exceder los valores máximos citados.

n. En caso de duda, se recomienda asignar objetos a categorías de mayor sensibilidad a la luz con una reducción concomitante de los criterios de iluminancia.

o. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
EXPOSICIONES Y GALERÍAS	**(continuación)**										
• Patrullaje de Seguridad i,j	Para seguridad fuera de horario patrulla de exhibiciones. Eh @piso; Ev @5' AFF.	I	15	30	60	Max	I	15	30	60	Prom.
• Luz de Trabajo (Instalada/Desinstalada) i,j,k	Para instalación y desinstalación de exhibidores. Eh @piso; Ev @5' AFF.	N	75	150	300	Max	I	15	30	60	Prom.
CIRCULACIÓN	Consulte EXPOSICIONES Y GALERÍAS/Circulación/General para conocer los criterios de circulación donde se exhibe el arte. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación para conocer los criterios de circulación donde no se exhibe arte.										
SALAS DE CLASES	Vea 24/ ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN										
CONFERENCIA	Vea 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CORREDORES	Consulte EXPOSICIONES Y GALERÍAS/Circulación/General para conocer los criterios de circulación donde se exhibe el arte. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación para conocer los criterios de circulación donde no se exhibe arte.										
SERVICIO DE COMIDA	Vea 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
IT	Vea 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ESTACIONAMIENTO	Vea 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
SENDAS PEATONALES	Vea 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
ESPACIOS DE APOYO											
• Salas de Descanso/Almuerzo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Guardarropa o Perchero de Ropa	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas de Copia/Impresión											
• General	E_h @PISO; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h Y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Armario del Conserje	E_h @PISO; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Despacho											
• Muelle de Recepción	E_h @PISO; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Acopio	E_h @PISO; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenaje											
• Objetos de Arte											
· Circulación/General i,j,k,l	E_h @PISO; E_v @4' AFF		10	10	10	Min	H	10	20	40	Max
· Examinación de objetos i,j,k,l	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Alimentos	Vea SERVICIO DE COMIDAS										
• Uso Frecuente	E_h @PISO; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso no Frecuente	E_h @PISO; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos [e]					Área Típica de Cobertura [h]	
Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1	4:1		■		■
	2:1	4:1	■	■		■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1	4:1				■
	2:1	4:1			■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■

Notas para la Tabla 21.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 21.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 21.4 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 21.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 21.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.
Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del dia, si la luz del dia se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Utilice el control de detección de movimiento para apagar o atenuar la iluminación y ponerla en modo de espera cuando los espacios o áreas estén desocupados. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

j. Filtrar los rayos UV de la luz natural y de fuentes de luz eléctrica donde la radiación UV supere los 75 µW/lumen por debajo de 400 nm.

k. Utilice lámparas que presenten un CRI ≥ 85.

l. Equipar los laboratorios de conservación con luminarias portátiles regulables para las labores de tratamiento.

m.La circulación y la iluminación general en el espacio de una exposición o galería deben establecer el fondo contra el cual se experimentarán los objetos expuestos. Por lo tanto, esta circulación/iluminación general debe basarse en la experiencia de la visualización prevista y los valores de reflectancia de la pantalla. Se supone que la reflectancia de la superficie de la habitación son valores recomendados por LES de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente). Los LRV de superficie inferior de la habitación darán como resultado contrastes de iluminación más dramáticos. En ningún caso las iluminancias de los objetos dignos de conservación deberán exceder los valores máximos citados.

n. En caso de duda, se recomienda asignar objetos a categorías de mayor sensibilidad a la luz con una reducción concomitante de los criterios de iluminancia.

o. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.

La tabla anterior completa para mejor comprensión.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
EXPOSICIONES Y GALERÍAS	(continuación)																	
• Patrullaje de Seguridad i,j	Para seguridad fuera de horario patrulla de exhibiciones. Eh @piso; Ev @5' AFF.	I	15	30	60	Max	I	15	30	60	Prom.		4:1	4:1				
• Luz de Trabajo (Instalada/Desinstalada) i,j,k	Para instalación y desinstalación de exhibidores. Eh @piso; Ev @5' AFF.	N	75	150	300	Max	I	15	30	60	Prom.		2:1	4:1				
CIRCULACIÓN	Consulte EXPOSICIONES Y GALERÍAS/Circulación/General para conocer los criterios de circulación donde se exhibe el arte. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación para conocer los criterios de circulación donde no se exhibe arte.																	
SALAS DE CLASES	Vea 24/ ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN																	
CONFERENCIA	Vea 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
CORREDORES	Consulte EXPOSICIONES Y GALERÍAS/Circulación/General para conocer los criterios de circulación donde se exhibe el arte. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación para conocer los criterios de circulación donde no se exhibe arte.																	
SERVICIO DE COMIDA	Vea 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
IT	Vea 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
ESTACIONAMIENTO	Vea 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
SENDAS PEATONALES	Vea 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
ESPACIOS DE APOYO																		
• Salas de Descanso/Almuerzo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Guardarropa o Perchero de Ropa	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Salas de Copia/Impresión																		
• General	E_h @PISO; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Máquinas	E_h Y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Armario del Conserje	E_h @PISO; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Recepción/Despacho																		
• Muelle de Recepción	E_h @PISO; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Recepción/Acopio	E_h @PISO; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1					
• Almacenaje																		
• Objetos de Arte																		
• Circulación/General i,j,k,l	E_h @PISO; E_v @4' AFF		10	10	10	Min	H	10	20	40	Max		2:1	4:1				
• Examinación de objetos i,j,k,l	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		2:1	4:1				
• Alimentos	Vea SERVICIO DE COMIDAS																	
• Uso Frecuente	E_h @PISO; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Uso no Frecuente	E_h @PISO; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1					

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas **continúa en la página siguiente**

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
BAÑOS/VESTIDORES	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte BAÑOS/VESTUARIOS en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.										
• Fijaciones	E_h @superior del aparato de plomería; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• General	E_h @ piso E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Casilleros	E_h @ piso; E_v @caras del casillero	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.										
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Atrás de la Casa											
• Adjacency Passageways	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces tarea E_h de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras, pero con min ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces tarea E_v de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras				
• Independent Passageways	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Prom.
• Público											
• Pasillos Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces tarea E_h de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras, pero con min ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces tarea E_v de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras				
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores											
• Transporte											
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ocupante											
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Entradas	Vea ENTRADAS DE EDIFICIOS										
• Escalera Mec./Corredor Móvil	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos											
• Circulación, Ascensores del Vestíbulo	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• General											
• En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe ayudar a la adaptación al pasar hacia/o desde el exterior.										
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de lectura/trabajo	E_h and E_v @2' 6" en áreas para sentarse	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Recepción de Vestíbulos	Incluye registro, centro de negocios, gimnasio, spa, salón de conserjería										
• Escritorio											
• Superficie del Escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300		K	25	50	100	Prom.
• Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared								vea Tabla 15.2		

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	see Table 12.6					
	4:1					

Notas para la Tabla 21.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 21.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 21.4 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 21.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 21.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.
Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del dia, si la luz del dia se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h . El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.
El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Utilice el control de detección de movimiento para apagar o atenuar la iluminación y ponerla en modo de espera cuando los espacios o áreas estén desocupados. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

j. Filtrar los rayos UV de la luz natural y de fuentes de luz eléctrica donde la radiación UV supere los 75 μW/lumen por debajo de 400 nm.

k. Utilice lámparas que presenten un CRI ≥ 85.

l. Equipar los laboratorios de conservación con luminarias portátiles regulables para las labores de tratamiento.

m.La circulación y la iluminación general en el espacio de una exposición o galería deben establecer el fondo contra el cual se experimentarán los objetos expuestos. Por lo tanto, esta circulación/iluminación general debe basarse en la experiencia de la visualización prevista y los valores de reflectancia de la pantalla. Se supone que la reflectancia de la superficie de la habitación son valores recomendados por LES de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente). Los LRV de superficie inferior de la habitación darán como resultado contrastes de iluminación más dramáticos. En ningún caso las iluminancias de los objetos dignos de conservación deberán exceder los valores máximos citados.

n. En caso de duda, se recomienda asignar objetos a categorías de mayor sensibilidad a la luz con una reducción concomitante de los criterios de iluminancia.

o. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.

La Tabla anterior para una mejor visualización.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
BAÑOS/VESTIDORES	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte BAÑOS/VESTUARIOS en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.																	
• Fijaciones	E_h @superior del aparato de plomería; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @ piso E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Casilleros	E_h @ piso; E_v @caras del casillero	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.																	
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• Atrás de la Casa																		
• Adjacency Passageways	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces tarea E_h de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras, pero con min ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces tarea E_v de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras						2:1		■			■
• Independent Passageways	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Público																		
• Pasillos Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces tarea E_h de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras, pero con min ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces tarea E_v de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras						3:1		■			■
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Ascensores																		
• Transporte																		
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Umbral																		
• Exterior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Ocupante																		
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Umbral																		
• Exterior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Interior de Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Entradas	Vea ENTRADAS DE EDIFICIOS																	
• Escalera Mec./Corredor Móvil	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Vestíbulos																		
• Circulación, Ascensores del Vestíbulo	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• General																		
• En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe ayudar a la adaptación al pasar hacia/o desde el exterior.																	
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1		■			■
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1					■
• Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1		■			■
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Áreas de lectura/trabajo	E_h and E_v @2' 6" en áreas para sentarse	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		vea Tabla 12.6		■		■	
• Recepción de Vestíbulos	Incluye registro, centro de negocios, gimnasio, spa, salón de conserjería																	
• Escritorio																		
• Superficie del Escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300		K	25	50	100	Prom.		4:1		■		■	
• Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared						vea Tabla 15.2								■		■	

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas **continúa en la página siguiente**

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)										
• Comedores											
• Clubes y Salas de Juego [i]											
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Mesas de juego	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Juegos de vídeo	E_h @Controles-Juego; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Lectura/Áreas de Trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas para sentarse	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Social/Áreas de Espera		J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Alta Actividad [e]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en Vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos [e] — Sobre el Área de Cobertura: 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1					
	vea Tabla 12.6					
	vea Tabla 12.6					
	vea Tabla 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 21.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 21.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 21.4 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 21.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 21.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del dia, si la luz del dia se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Utilice el control de detección de movimiento para apagar o atenuar la iluminación y ponerla en modo de espera cuando los espacios o áreas estén desocupados. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

j. Filtrar los rayos UV de la luz natural y de fuentes de luz eléctrica donde la radiación UV supere los 75 μW/lumen por debajo de 400 nm.

k. Utilice lámparas que presenten un CRI ≥ 85.

l. Equipar los laboratorios de conservación con luminarias portátiles regulables para las labores de tratamiento.

m.La circulación y la iluminación general en el espacio de una exposición o galería deben establecer el fondo contra el cual se experimentarán los objetos expuestos. Por lo tanto, esta circulación/iluminación general debe basarse en la experiencia de la visualización prevista y los valores de reflectancia de la pantalla. Se supone que la reflectancia de la superficie de la habitación son valores recomendados por LES de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente). Los LRV de superficie inferior de la habitación darán como resultado contrastes de iluminación más dramáticos. En ningún caso las iluminancias de los objetos dignos de conservación deberán exceder los valores máximos citados.

n. En caso de duda, se recomienda asignar objetos a categorías de mayor sensibilidad a la luz con una reducción concomitante de los criterios de iluminancia.

o. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.

La tabla anterior completa para mejor comprensión.

Cuadro 21.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Artísticas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)																	
• Comedores																		
• Clubes y Salas de Juego																		
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1					
• Mesas de juego	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		vea Tabla 12.6					
• Juegos de video	E_h @Controles-Juego; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.		vea Tabla 12.6					
• Lectura/Áreas de Trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas para sentarse	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		vea Tabla 12.6					
• Social/Áreas de Espera		J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1					
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• Alta Actividad [e]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Vigilancia en Vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					

Tabla 21.3 | Categorías de Sensibilidad a la Luz

Sensibilidad a la Luz	Objetos de Ejemplo [a,b]
Alta	libros, especímenes botánicos, trajes, algodón, dibujos, cuero teñido, plumas, tintes fugitivos, pelajes, gouache, insectos, manuscritos, miniaturas, pinturas en medio moquillo, papel, estampas, seda, pieles, algunos minerales, algunas fotografías, sellos, tapices, textiles, papeles pintados, acuarelas, lana y tintas para escribir
Baja	hueso, cuerno, marfil, laca, cuero, pinturas al óleo, algunos plásticos, algunas fotografías, pinturas en tempura, textiles con tintes estables y acabados en madera.
No	cerámicas, esmalte, vidrio, joyas, metal, la mayoría de los minerales, piedra y madera.

a. Las distinciones de ejemplo se basan en varias referencias [4] [5] [6] [7]. En caso de duda, se recomienda asignar objetos a categorías de mayor sensibilidad a la luz con una reducción concomitante en los criterios de iluminancia.

b. Los objetos u obras de arte que consten de una variedad de materiales ejemplificados deben clasificarse en la categoría más sensible. Algunos objetos, como la cerámica o el metal, pueden presentar acabados fugaces y deben asignarse a la categoría de alta sensibilidad a la luz.

c. Consulte con el conservador para establecer categorías de sensibilidad a la luz para objetos determinados.

21.2.7.1 CIRCULACIÓN/GENERAL

La circulación y la iluminación general en un espacio de exhibición o galería deben establecer el fondo contra el cual se experimentarán los objetos exhibidos. Por lo tanto, esta circulación/iluminación general debe basarse en la experiencia de visualización prevista y los valores de reflectancia de la pantalla. Para las siguientes recomendaciones, se supone que las reflectancias de la superficie de la habitación son valores recomendados por IES de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente). Los LRV de superficie inferior de la habitación darán como resultado efectos de iluminación más dramáticos.

Las experiencias de visualización se clasifican en puntos focales dramáticos, puntos focales moderados y puntos focales tenues. Estos pueden estar relacionados con la experiencia programada por el cliente o curador de la exposición o por el equipo de diseño o por el diseñador de iluminación, dependiendo del nivel de participación en el proyecto por parte de un cliente informado o la disponibilidad de un curador. Los valores de reflectancia de los objetos se clasifican como >0,5 (mayor o igual al 50 % de reflectancia) o <0,5 (menos del 50 % de reflectancia). Estos también están programados o asignados por el diseñador. Aunque las tecnologías de cámaras de seguridad ahora requieren poca luz para funcionar eficazmente, el diseñador debe confirmar los mínimos de iluminancia de las cámaras. En cualquier caso, para fines de circulación cómoda y conveniente a través de exhibiciones y galerías, la iluminancia horizontal en el plano del piso no debe ser inferior a 10 lx.

Cuando se desean exhibiciones dramáticas, la circulación/iluminación general debe ser sólo el 10 por ciento de la iluminancia de la pantalla para una pantalla que exhiba al menos un 50% de reflectancia, pero no menos de 10 lx. Si la pantalla muestra una reflectancia inferior al 50%, entonces la circulación/iluminación general debe ser sólo el 5 por ciento de la iluminancia de la pantalla, pero no menos de 10 lx. Es decir, dado que la pantalla tiene un tono relativamente oscuro, la circulación/iluminación general debe ser mucho más baja para que la pantalla parezca dramáticamente iluminada.

Cuando se deseen puntos focales moderados, la iluminación general/circulación debe ser del 20 por ciento de la iluminancia de la pantalla para una pantalla que exhiba al menos una reflectancia del 50 %, pero no menos de 10 lx. Si la pantalla muestra una reflectancia inferior al 50%, entonces la circulación/iluminación general debe ser sólo el 10 por ciento de la iluminancia de la pantalla, pero no menos de 10 lx.

Para puntos focales tenues, la iluminación de circulación/general debe ser la mitad de la iluminancia de la pantalla para una pantalla que exhiba al menos un 50 % de reflectancia, pero no menos de 10 lx. Si la pantalla muestra una reflectancia inferior al 50%, entonces la circulación/iluminación general debe ser el 20 por ciento de la iluminancia de la pantalla, pero no menos de 10 lx.



FIGURA 21.2 | OBJETOS HISTÓRICOS

Se descubrió que las banderas originales exhibidas durante más de cien años en las vitrinas que rodean el piso de la rotonda del Capitolio de Michigan se estaban desintegrando durante la restauración del capitolio en 1989. A la izquierda se puede ver una vista de ojo de pez de toda la rotonda. Las banderas que ahora se exhiben aquí son réplicas de las de la época de la Guerra Civil, que ahora se conservan en el museo histórico estatal. [7] Las lámparas fluorescentes ocultas sobre persianas de madera y lentes opalinos junto con lámparas de filamento expuestas iluminan las réplicas según criterios apropiados para objetos dignos de conservación y de baja sensibilidad a la luz. Incluso las réplicas se tratan con cuidado. Esta iluminación es más consistente con la presentación de las banderas en un hito histórico que el acento más dramático que se lograría seleccionando los criterios de iluminancia de ACENTUACIÓN en la Tabla 21.2. Los retratos pintados al óleo de gobernadores en los balcones de la rotonda del segundo y tercer piso, que se ven más claramente en la imagen de la derecha, están iluminados con luces fluorescentes de baja potencia equipadas con filtros UV. » Imagen de la izquierda Dietrich Floeter Photography 01992 » Imagen de la derecha ©Richard Cummins/Corbis

21.2.7.2 OBJETOS

La iluminación de los objetos expuestos dignos de conservación debe respetar la sensibilidad de los objetos a la luz. La Tabla 21.2 describe los criterios de iluminancia. Cuando las fuentes de luz exhiban radiación UV, aplique filtros reductores a las lámparas o luminarias. La iluminación natural sólo debe considerarse cuando los objetos no son sensibles a los rayos UV y a la radiación visible o cuando se emplea un control automatizado y a prueba de fallos de la luz natural.

El sol directo puede ser más destructivo y causar daños en muy poco tiempo. Podría decirse que el tragaluz norte fue la fuente elegida por los maestros de la pintura. Con orientación y geometría, el lucernario norte se puede controlar adecuadamente para evitar el sol directo en todo momento **(esto en el hemisferio Norte en el hemisferio Sur será lo contrario).** Se pueden utilizar acristalamientos y geometrías para reducir en gran medida los niveles de luz natural. Las capas intermedias y películas de acristalamiento pueden reducir los rayos UV; sin embargo, las especificaciones deben cubrir el rango inferior a 400 nm. Los acabados de los tragaluces, los tubos y las aberturas que consisten en dióxido de titanio se pueden utilizar para reducir aún más los rayos UV en objetos sensibles. Las cortinas, persianas y otros dispositivos mecánicos deben automatizarse para limitar la luz natural al máximo permitido para un objeto o serie de objetos determinados. Los modos a prueba de fallos deberían bloquear toda la luz del día.

Cuando se considera la luz del día, es imprescindible un escrutinio muy detenido del programa y una estrecha colaboración con los curadores, conservadores y directores de las instalaciones en las que se exhibirán objetos sensibles. Estos sistemas sólo pueden tener éxito si se realizan análisis y maquetas cuidadosos. La Figura 21.4 ilustra un enfoque único para la iluminación natural en exhibiciones. La radiación ultravioleta induce daños fotoquímicos en muchos materiales y generalmente es más perjudicial que la radiación visible. El daño fotoquímico se evidencia por cambio de color y deterioro físico y es irreversible. [8] Para los propósitos de esta discusión, la radiación UV es aquella que es <400 nm. Un valor máximo recomendado de radiación UV es 75 µW/ lm. Si las lámparas superan este valor, se deben aplicar filtros de reducción de rayos UV para limitar los rayos UV. Se deben seleccionar filtros que eliminen tanta radiación como sea práctico en la región respectiva del espectro. Esto requiere una revisión detallada de la distribución de potencia espectral específica para las lámparas y filtros bajo consideración. Las tecnologías de las lámparas varían demasiado y evolucionan con demasiada frecuencia como para citar aquí datos confiables sobre el rendimiento de las lámparas UV. La importancia de la radiación UV depende de la potencia de la lámpara, la potencia de en candelas del haz central y la dispersión del haz y la distancia entre la lámpara y el material digno de conservación y la duración de la exposición. Si existen dudas y no se dispone de datos creíbles y documentados sobre la radiación UV, utilice filtros UV. Los filtros deben examinarse por su rango de efectividad y el grado de reducción.

Cuadro 21.4 | Conversiones Dimensionales SI

US Consuetudinario	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas x 25,40]
pies	m [pies x 0.30]
Específico	Conversiones Convenientes[a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

Cuando se esté considerando la luz del día en áreas de recolección de objetos o materiales dignos de preservación con alta o baja sensibilidad a la luz, la magnitud de la luz del día debe estar bien controlada o responder automáticamente a la luz del día disponible, o ambas. Las películas sobre vidrio y las capas intermedias en acristalamiento laminado pueden reducir los rayos UV. Sin embargo, las magnitudes experimentadas con la luz del día son tan significativas que se debe realizar una revisión del componente UV restante para garantizar que los niveles residuales sean aceptables. Independientemente de la mitigación de los rayos UV, la radiación visible de la luz del día también puede ser dañina dada su magnitud potencial. El acristalamiento debe seleccionarse por su transmitancia relativa del factor de daño, T_{df} donde cuanto más bajo, mejor. T_{df} representa radiación en el rango de 300 nm a 600 nm [10] [11].

La figura 21.5 ejemplifica una galería preparada para una exposición de paneles de piedra, tallas y bajorrelieves de Oriente Medio y otros artefactos que tienen miles de años de antigüedad. La figura 21.6 ilustra una exposición que presenta títeres de los siglos XVIII, XIX y XX.



Figura 21.3 | Laboratorios de Conservación de Arte.

A diferencia de muchos laboratorios de conservación, en este laboratorio se utiliza luz natural y abundante luz de fondo fluorescente para trabajos de conservación de vidrieras. El diseñador debe revisar la información de programación y consultar con los conservadores y curadores de arte para comprender las necesidades de visión e iluminación de un laboratorio determinado. Esto puede requerir criterios distintos a los recomendados por el IES. Estas anomalías en los criterios deben ser documentadas y acordadas por el equipo y el cliente.

» Imagen ©Camille Moirec/Hemis/Corbis

Los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 21.2 para EXHIBICIONES Y GALERÍAS/Objetos no se limitan a objetos exhibidos en exhibiciones y galerías de museos, sino que se aplican a objetos dignos de preservación exhibidos en cualquier aplicación. Los objetos dignos de preservación pueden incluir elementos considerados valiosos y dignos de preservación para las generaciones futuras. Así, por ejemplo, cuando se deban iluminar Cielorrasos y paredes decorativas y gráficos pintados en instalaciones históricas, se recomiendan las citas en EXPOSICIONES Y GALERÍAS/Objetos en la Tabla 21.2. Estos criterios se utilizaron para iluminar el cielorraso histórico pintado decorativamente en la Figura 21.7 y el mural del techo histórico que se muestra en la Figura 21.8.

Algunos objetos tienen muy poca o ninguna sensibilidad a la luz. Sin embargo, estos objetos deben iluminarse en relación con su entorno. Por ejemplo, la escultura que se muestra en la Figura 21.9 está iluminada en el contexto de su entorno.

Además de los criterios de iluminancia basados en la sensibilidad de los objetos a la luz, la iluminación de los objetos depende de las condiciones de visualización y de los acabados de los objetos o, si se trata de vidrio o acrílico, del diseño y orientación del vidrio o acrílico. La naturaleza bidimensional y tridimensional de estos objetos, el número casi infinito de acabados y materiales utilizados en su creación y los numerosos puntos de vista desde los que se ven limitan la utilidad de reglas generales sobre los tipos de equipos de iluminación y el número de posiciones de iluminación y ángulos de orientación a considerar. Los cálculos son útiles, pero las maquetas son muy informativas.

Expresado anteriormente, la sensibilidad de un objeto a la luz se puede mitigar no exponiendo el objeto a la luz. Una técnica menos draconiana consiste en limitar la iluminancia de un objeto sensible a la luz y limitar la duración de la exposición a la radiación UV y visible. La exposición continua incluso a una iluminación baja acaba deteriorando un objeto sensible a la luz. Limitar la duración de la exposición a la luz mediante horas de funcionamiento, controlar el funcionamiento de la iluminación de objetos, en un vestíbulo, por ejemplo, y rotar periódicamente las obras de arte desde la exhibición hasta el almacenamiento son métodos para limitar la duración de la exposición. Con este fin, se han realizado algunos intentos de establecer límites de horas-lux para las obras de arte en función de la sensibilidad a la luz. La razón es permitir mayores iluminancias durante períodos de tiempo más cortos en objetos sensibles o extender la duración de la visualización reduciendo las iluminancias. Para objetos de alta sensibilidad a la luz, una exposición acumulativa anual no debe exceder los 150.000 lx-hora. Para objetos de baja sensibilidad a la luz, una exposición acumulativa anual no debe exceder los 600.000 lx-hora. [12] Sin embargo, es importante considerar estas exposiciones como máximos y no como un derecho.



FIGURA 21.4 | ILUMINACIÓN NATURAL
Un sistema de iluminación natural pasiva que consta de elementos de tragaluz orientados al norte proporciona una luz suave y difusa en superficies horizontales y verticales, incluidos los objetos expuestos. [9] Las luces eléctricas se utilizan para complementar o sustituir la luz natural según sea necesario. Véase también la Figura 11.1. » Imagen ©Krista Rossow/National Geographic Society/Corbis

21.2.7.3 PATRULLA

Cuando las instalaciones que exhiben objetos dignos de preservación utilizan patrullas humanas por seguridad, la iluminación debe estar disponible durante el período de patrulla para ayudar en la vigilancia visual en vivo. Esta iluminación sólo debe ser energizada cuando el área esté ocupada. La detección de ocupación puede ser lo mejor, aunque pueden ser apropiados interruptores con temporizadores estrictamente limitados al tiempo requerido para la vigilancia de patrulla. Se deben utilizar equipos de iluminación de encendido instantáneo para proporcionar iluminación según demanda.

21.2.7.4 LUZ DE TRABAJO

Durante los períodos de instalación, cierre y desmontaje de la exhibición, debería haber suficiente luz disponible para ayudar en las tareas básicas involucradas. Este esquema de iluminación también es apropiado para la limpieza.

21.2.8 AULAS

La iluminación de las aulas se analiza en 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN.

21.2.9 CONFERENCIAS

La iluminación para instalaciones de conferencias se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

21.2.10 SERVICIO DE ALIMENTOS

La iluminación para el servicio de alimentos se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

21.2.11 TI

La iluminación para instalaciones de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

21.2.12 ESTACIONAMIENTO La iluminación de los estacionamientos se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

21.2.13 VÍAS PEATONALES

La iluminación de las vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

21.2.14 ESPACIOS DE APOYO

Estas citas relativamente internas se explican por sí solas. Para las áreas de muelles, las zonas de iluminación nocturna exterior determinan qué criterios de iluminancia son apropiados. En cualquier caso, se aplicarán inmediatamente en el exterior de la puerta basculante del muelle. El equipo de iluminación debe dirigir toda la luz hacia abajo (ver Figura 22.4). La iluminación del estacionamiento exterior o del área de estacionamiento del muelle debe cumplir con los criterios identificados en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

La iluminación de los espacios de almacenamiento de objetos dignos de conservación debe estar basada en sensores de desocupación con tiempos de espera breves para limitar la exposición a la luz. Los diseños de iluminación y la zonificación de control deben adaptarse a la circulación/iluminación general y las zonas discretas de iluminación adicional deben permitir la inspección según sea necesario para limitar la exposición a una iluminancia alta.

21.2.15 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación de baños y vestuarios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Abordar los accesorios de plomería (por ejemplo, inodoros, urinarios, tocadores) proporcionará suficiente luz donde sea necesaria sin iluminar demasiado todo el baño.



FIGURA 21.5 | EXHIBICIONES

La exhibición del Antiguo Medio Oriente en el Instituto de Artes de Detroit está iluminada con lámparas halógenas RLV MR16 de 20 W con diferentes extensiones de haz para cumplir con los criterios para objetos de baja sensibilidad a la luz. La circulación/iluminación general cumple con los criterios apropiados para exhibiciones como puntos focales moderados. Los rieles montados en la superficie están ubicados estratégicamente para proporcionar ángulos de orientación entre 25° y 40°, como se muestra en la imagen superior izquierda. » Imágenes © Instituto de Artes de Detroit.

21.2.16 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La mayoría de estos espacios se explican por sí mismos. Sin embargo, se debe prestar atención a la iluminancia de los espacios adyacentes a exposiciones y galerías. Se deben evitar las transiciones bruscas hacia y desde las áreas de exhibición. Mantener una proporción de 5 a 1 entre la iluminancia de una habitación y otra minimiza la desorientación al pasar de zonas de alta iluminancia a zonas de baja iluminancia. Esto puede requerir bloqueos de luz si un espacio, por ejemplo un vestíbulo o pasillo con luz natural, es demasiado brillante y está ubicado junto a una galería de objetos de alta sensibilidad a la luz. La aspereza también se puede minimizar si los espacios de baja iluminancia utilizan cielorrasos, paredes y pisos de alta reflectancia y si los espacios de alta iluminancia usan cielorrasoss, paredes y pisos de baja reflectancia. Ver Figura 24.2 | Bloqueo de luz y sonido.

Las cerraduras de luz*, como se usan aquí, hacen referencia a un espacio que separa un espacio brillante de un espacio oscuro para evitar destellos de brillo perturbadores cuando las personas entran o salen del espacio oscuro. La cerradura de luz suele ser lo suficientemente grande como para evitar que una persona mantenga abierta la puerta del espacio luminoso mientras simultáneamente mantiene abierta la puerta del espacio oscuro. A veces, las cerraduras de luz también se utilizan como cerraduras de sonido para minimizar la transmisión de sonido de espacios más ruidosos a espacios más silenciosos cuando las personas entran o salen del espacio más silencioso. Se llaman cerraduras de luz y sonido.*

21.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando están completamente implementados, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Cortocircuitar la selección de criterios o el diseño con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas del peor de los casos seguramente resultará en insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, un resultado probable es no aprovechar al máximo la energía gastada o peor aún, desperdiciar energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios temas descritos en la Tabla 21.2.

21.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 21.2 y pueden justificar criterios de iluminancia diferentes. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para tipos de espacios o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica falla, revisar la lista en la Tabla 21.2 puede ser para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de determinación de iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones de desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Los curadores y conservadores tendrán aportes valiosos sobre los requisitos de iluminación. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretenda hacer, deben documentarse cuidadosamente para que quede constancia.

21.3.2 NOTAS

Las notas en los capítulos de la Tabla 21.2 según corresponda pueden hacer referencia a otros títulos de tareas en la tabla o a otro manual. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se toman notas.



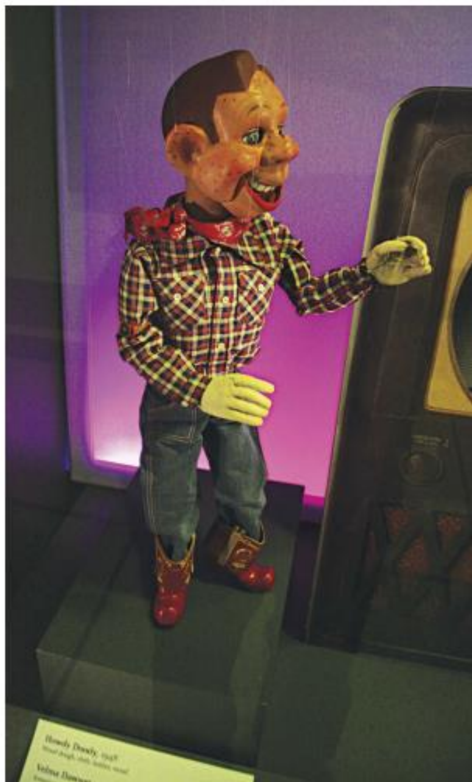


FIGURA 21.6 | PANTALLAS DE EXHIBICIÓN

Los LED ofrecen un medio para introducir contraste de color para la atracción visual cuando la iluminación debe mantenerse baja y el calor alejado de las pantallas. Los LED RGB también permiten cambios de color con el tiempo, presentando una capacidad única que mejora la naturaleza teatral de esta exhibición y atrae mejor a los clientes.
» Imágenes © Instituto de Artes de Detroit

21.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea bajo consideración según sea necesario. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación diurna y/o eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Para objetos dignos de preservación para las generaciones futuras, los objetivos de iluminancia son máximos. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y ver 10.7.1 Factores de pérdida de luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en el que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia según los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A efectos de sostenibilidad, ya no se puede presumir que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica recomendada para el mantenimiento planificado de iluminación interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se aplaza o se practica mal o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede resultar inseguro y afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70 % o tal vez incluso tan baja como el 50 % de la vida útil nominal respecto a su calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Vida útil y mantenimiento de lúmenes.

Los objetivos citados son consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la Tabla 21.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical para iluminar pizarras blancas, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las proximidades o de cualquier iluminancia que resulte de alcanzar la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

21.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea aproximadamente en una orientación horizontal o vertical. Además, se espera que la mayoría de las tareas tengan tanto una componente de iluminancia horizontal (E_h) y un componente de iluminancia vertical (E_v,). Cuando estos componentes de iluminancia estén destinados a diferentes elevaciones planas, así se indica en "Notas". Por ejemplo, en salas de almacenamiento de arte, las iluminancias horizontales se aplican a lo que podría ser una altura de mesa de 2' 6" AFF y las iluminancias verticales se aplican a lo que podrían ser sistemas colgantes o apilables a 4' AFF. En situaciones en las que los objetos de arte se almacenan en planos de diferentes elevaciones u orientaciones, se deben establecer esas elevaciones y orientaciones y aplicar criterios a los respectivos planos de interés.

Para planos relacionados con objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas orientaciones en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían orientarse en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación. Por ejemplo, en una galería con objetos bidimensionales montados en paredes sólo hay un plano y una orientación por pared. Sin embargo, los objetos tridimensionales montados sobre pedestales en medio de las galerías pueden merecer varios planos y orientaciones verticales. Los criterios de iluminancia se aplican a estos planos.



FIGURA 21.7 | PINTURA DECORATIVA

La iluminación del cielorraso decorativo en esta sala de lectura de la biblioteca de 1931 se introdujo durante el trabajo de restauración para equilibrar mejor los contrastes entre la sala y las tareas y mejorar la percepción general de brillo. La superficie del cielorraso se ilumina según criterios adecuados para objetos de baja sensibilidad a la luz. Se agregaron lámparas PAR20 CMH de 39 W con una dispersión del haz de 10°, CCT de 3000 K y 86 CRI en los alféizares de las ventanas para iluminar el cielorraso limpio y renovado. Las luces ascendentes se conmutan por pasos de acuerdo con la disponibilidad de luz natural. Los focos de Luz Ascendente (Uplight) tienen lentes con filtros UV. Véase también la Figura 29.7.

» Imágenes ©Curt Clayton

21.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto deberá resolverse durante la programación con el cliente. Puede ser razonable suponer que en una galería la mayoría de los clientes en algún momento pueden tener más de 65 años. Sin embargo, dado que no existen limitaciones de tiempo ni de precisión asociadas con la visualización de obras de arte, se puede considerar aceptable que los objetivos de diseño se establezcan para la mayoría de los patrocinadores entre 25 y 65 años de edad.

21.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Se muestran en la Tabla 21.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de iluminancia recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas de un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

21.3.3.4 INDICADOR

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y que los criterios de uniformidad se supervisan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento objetivo, se cita "Promedio". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es “Min” o “Max” respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en ubicaciones inciertas en un área grande.

En cualquier caso, una vez establecidos los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Una asignación de ingeniería estándar de ±10 % podría ser aceptable para objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias recomendadas en el momento del diseño, 4.12.5 Relaciones de iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia promedio y 10.8 Evaluación de resultados calculados.





FIGURA 21.8 | MURALES

Con iluminación hacia arriba Iluminando el mural, un diseño estilizado de la ciudad de Cincinnati terminado en 1933, en este comedor en la histórica Cincinnati Union Terminal resalta esta característica restaurada para invitados a banquetes, fiestas y reuniones. La imagen superior ilustra una escena de REUNIÓN mientras que la imagen inferior ilustra una escena de CÓCTEL. La superficie del cielorraso se ilumina según criterios apropiados para los objetos de baja sensibilidad a la luz en cada escena. Las lámparas con iluminación hacia arriba son focos de halogenuros metálicos cerámicos MR16 de 20 W que exhiben un CCT de 3000 K y un CRI de 81 y están en canales de conmutación separados de la iluminación regulable de la habitación. Las lámparas con iluminación hacia arriba tienen lentes con filtros UV. Cincinnati Union Terminal ahora alberga el Cincinnati Museum Center.

» Imágenes ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

21.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todo lo cual debe abordarse como parte del diseño para evitar molestias, deslumbramientos y tensiones visuales. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una serie de puntos y el valor mínimo en la misma serie de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican a las iluminancias tanto horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (E_h).

21.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

21.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de las condiciones promedio es perceptible y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

21.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

21.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben abarcar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz diurna. Se prefiere que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada, suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Un ícono de rayos de sol sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de apagón, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada. Cuando los usuarios están dispuestos a ceder a la automatización, se pueden utilizar fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas del día. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado que ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.





FIGURA 21.9 | **ESCULTURA**

Se utilizaron geles Azules en la mayoría de las luminarias para iluminar esta escultura con un azul intenso, utilizando contraste de color en el ambiente nocturno, como se ve a la derecha de la imagen superior, en lugar de contraste de luminancia. Las lámparas son 39 WT4.5, exhiben CCT de 3000 K y CRI de 84 y están en varios canales de conmutación para permitir retrocesos a media tarde y a media noche sin pérdida total de luz.

» ImágenesOKevin Beswick,www.ppt-photographics.com

IESH/10e CSA/ISO

> 12.5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO

21.3.6 REFLEXIONES VELADAS

Las tareas con componentes especulares, como artefactos bajo vidrio horizontal u obras de arte bajo vidrio vertical, son propensas a velar reflejos. La probabilidad de que determinadas aplicaciones y tareas predispongan a velar los reflejos se indica mediante un icono de “luz reflejada”: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos velados son particularmente molestos en situaciones de visualización de arte. Cuando los objetos se exhiben detrás de vidrio o acrílico, es necesario un estudio cuidadoso de la orientación del vidrio o acrílico y las posiciones de iluminación para evitar o minimizar los efectos de los reflejos velados. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad general y la dirección de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos velados se pueden proteger o aislar de modo que las fuentes brillantes distantes no asociadas con la iluminación de la tarea u objeto particular queden esencialmente enmascaradas. Otras estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica difusa, suave e indirecta o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para

evitar reflejos fuertes de las tareas. En las vitrinas, la iluminación interna puede limitar en gran medida, si no eliminar, los reflejos velados, aunque se debe considerar la cuestión de la proximidad de la fuente de luz al artefacto y cualquier problema de calor asociado. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones predeterminadas de luminancia e intensidad de luminaria para aplicaciones de VDT) para minimizar los reflejos velados. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos velados, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

21.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones específicas del proyecto. Un área de cobertura es la “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea misma o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Aplicaciones y tareas y Figura 12.22 | Ejemplo de cobertura de tareas. En algunas situaciones, como la acentuación, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar la “pared característica” o el “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o en el área de la tarea cumpla con los criterios de iluminancia descrito en la Tabla 21.2. Otra área de cobertura es “habitación o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que represente la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada normalmente la establece la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el propietario de la casa. Las citas del área de cobertura en la Tabla 21.2 se basan en nociones tradicionales. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación de un proyecto en particular.

21.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica de instalaciones artísticas o de cualquier lugar donde se exhiban objetos dignos de preservación y debe usarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones en exteriores, lámparas y balastos, transformadores y los conductores deben seleccionarse teniendo en cuenta las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Direccionamiento todos los requisitos del código son imprescindibles. Las prácticas sostenibles y de eficiencia energética son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave del diseño incluyen, entre otros:

- diseñar para la satisfacción de los observadores previstos para utilizar el proyecto
- usar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente) en producción interior y espacios orientados al trabajo
- usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia
- usar lámparas de la más alta eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida
- usar luminarias de la más alta eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia
- usar acentos para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario
- usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas
- establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas
- establecer diseños que cumplan sólo con los criterios de iluminancia recomendados por IES
- abordar exteriores necesidades ambientales
- usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hay, para iluminación ambiental, de tareas y de acento
• documentar todos los códigos, energía y sostenibilidad y cumplimiento de los criterios IES
• documentar los criterios y las desviaciones y fundamentos del diseño y la posterior disposición por parte del equipo, cliente o autoridad competente
• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio primordial del diseño y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró en ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe realizarse con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. El presupuesto debe incluir aportes del diseñador y diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, efectivamente, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

IESH/10E RECURSOS ECONÓMICOS

> 15.3.3 Presupuestos
• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA
• para obtener más información sobre la estimación de costos
• para obtener más información sobre los costos del ciclo de vida
• para obtener más información sobre la recuperación de la inversión y las tasas de rendimiento

IESH/10E ENERGY EFFICIENCY RESOURCES

> 17.2 Nueva construcción
• para obtener más información sobre el diseño de iluminación natural
• para obtener más información sobre equipos de iluminación eléctrica
• para más sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, Regulaciones y Estándares de Iluminación
• para más sobre estándares de aplicación
• para más sobre regulaciones de equipos

IESH/10e LIGHTING EXTERIORS RESOURCES

> 12.5.5.6 Iluminaciones exteriores nocturnas
• para más sobre eficacias de lámparas bajo adaptación mesópica
> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES
• para más información sobre los criterios

IESH/10e RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD

> 13.11 Sostenibilidad
• para más información sobre lámparas
> 19 | SOSTENIBILIDAD
• para más información sobre controles
• para más información sobre recursos terrestres
• para más información sobre energía

• para más información sobre análisis del ciclo de vida
• para más información sobre diseño de iluminación
• para más información sobre reciclaje

21.5 REFERENCIAS

[1] Hockney D. 2011. BrainyQuote.com, Xplore Inc. 2011. [Internet]. cited January, 2011. Available from: http://www.brainyquote.com/quotes/quotes/d/davidhockn119306.html.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. Ch 14.

[3] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 1996. Museum and art gallery lighting: A recommended practice. RP-30-96(R2008). New York: IESNA. 91 p.

[4] Thomson G. 1986. The museum environment. 2n Edition. London: Butterworth-Heinemann. p 23.

[5] Lein L. 1986. Exhibits: Planning and design. New York: Madison Square Press. p 94.

[6] Michalski S. 2010. Light, ultraviolet and infrared. [Internet]. cited January 2011. Available from: http://www.cci-icc.gc.ca/crc/articles/mcpm/chap08-eng.aspx.

[7] Michigan Legislature. 1992. Your state capitol: Michigan state capitol rededicated November 19, 1992. [Internet]. cited January, 2011. Available from: http://www.docstoc.com/docs/31331231/Michigan-State-Capitol. p 9.

[8] The Chartered Institution of Building Services Engineers. 1994. Lighting for Museums and Art Galleries. LG8: 1994. London. p 18.

[9] Sommerhoff, E. Dec, 2005. A sculptural approach to daylight. Archit Light [Internet]. [cited January 1, 2011] . Available from: http://www.archlighting.com/industry-news.asp?sectionID=1331&articleID=453680.

[10] [ISO] International Organization for Standardization Central Secretariat. 2003. ISO 9050:2003(E). Glass in building—Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors. Geneva, Switzerland. p. 14.

[11] [CIE] Commission Internationale de l'Éclairage. 1991. On the seterioration of exhibited museum objects by optical radiation. CIE Publication 89-1991. Bureau Central de la CIE. Vienna. pp 25-36.

[12] The Chartered Institution of Building Services Engineers. 1994. Lighting for Museums and Art Galleries. LG8: 1994. London. p 23.


©Philippe Renault/Hemis/Corbis

22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES

Siempre se sospecha de nuevas opiniones y generalmente se las rechaza sin ninguna otra razón que no sea que ya sean comunes. John Locke, siglo XVII, filósofo y médico

CONTENIDO

No es necesario que haya nada común sobre la iluminación para aplicaciones que son comunes a muchos proyectos de construcción. Algunas de estas aplicaciones, como los vestíbulos, causan la primera impresión. Otros, como las conferencias y el servicio de comidas, pueden ser servicios que distinguen a un empleador de los demás. La iluminación para estas aplicaciones es importante y puede infundir a una instalación con personalidad poco común. La iluminación natural es bastante eficaz para abordar las iluminancias en muchas de estas aplicaciones.

Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para aplicaciones comunes que deberían influir en las selecciones ópticas de luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (consulte 15.2 Un esquema de iluminación). El uso del material de este capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES sirven como fuentes de referencia de archivo [1].

Se debe pensar deliberadamente en detalles más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en SERVICIO DE ALIMENTACIÓN/Bar/Bar Trasero, la mención de iluminancia vertical no exige necesariamente una disposición uniforme de bañadores de pared de baja potencia. Dicha iluminación se puede lograr con luz ascendente o descendente en cada estante, un detalle perimetral en forma de ranura a lo largo de la elevación de la barra trasera, acentos ajustables, la más pequeña de las ranuras de luz diurna en la parte superior de la barra trasera (al menos para la condición diurna) o alguna combinación de estos. Cada uno de ellos puede alcanzar la iluminancia objetivo, pero cada

uno tiene una apariencia claramente diferente y requiere detalles arquitectónicos diferentes. Estos detalles específicos no se enumeran para todas las tareas. La Tabla 22.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación de IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación interior y exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios de IES y reemplazarlos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

22.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto. Esto establecerá en qué medida la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen diferentes oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe considerar la luz natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la luz natural puede ser la fuente de luz principal. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz del día exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

22.2 TIPOS DE APLICACIONES

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y operación, se realiza un inventario de los tipos de espacio de aplicaciones comunes bajo consideración y los ocupantes, funciones y tareas anticipadas (ver Tabla 11.2 | Programación: Alcance del inventario y ejemplos específicos y Tabla 12.3 | Ejemplo de encuesta de tareas visuales). De lo contrario, la iluminación no podrá adaptarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones del tipo de espacio se requieren en las primeras etapas del diseño del proyecto para poder realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de iluminación, potencia y energía. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, así como los números para el seguimiento, deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 22.2 | Las recomendaciones de iluminancia de aplicaciones comunes deben revisarse con los conocimientos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos y funciones de espacio nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaraciones con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 22.2.

La siguiente discusión se centra en los principales títulos de aplicaciones de la Tabla 22.2. Combine esto con los temas de la Tabla 22.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos completos.

22.2.1 ACENTUAR

Acentuar afecta la percepción de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Las técnicas y criterios de iluminación de acento predeterminados se identifican en la Tabla 22.2. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación decorativa.

22.2.2 ADMINISTRACIÓN

Las funciones administrativas en muchos proyectos generalmente incluyen circulación, conferencias, asesoramiento, salones, archivo o registros, entrevistas, vestíbulos, clasificación de correo y oficinas. Cada una de estas, a su vez, puede

implicar una serie de detalles que incluyen alguna forma o grado de reconocimiento, conversación, lectura, períodos de respiro o relajación y escritura, todas ellas tareas dentro de las aplicaciones. Para saludar a otras personas y conversar, por ejemplo, se requiere cierta iluminación vertical a la altura de la cara (sentado o de pie, según el tipo de aplicación). Para tales aplicaciones se citan criterios de iluminancia vertical. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de la tarea variarán según la función y el tipo de instalación asociada. Estas variaciones deberían afectar el diseño de iluminación, desde tipos de efectos de iluminación hasta estilos de equipos de iluminación, luminancias e iluminancias. Las áreas administrativas pueden estar dispersas a lo largo de una instalación o complejo o pueden estar centralizadas en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y de los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas simpatiza o se diferencia del de otras aplicaciones.

Véase también 32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS.

22.2.3 ATRIOS Y PATIOS

Los atrios y los patios son muchas veces sinónimos de iluminación natural. Cuando estos espacios se utilizan para la circulación y los espacios adyacentes están adecuadamente protegidos de la penetración solar directa, la iluminación diurna se puede lograr sin iluminación eléctrica. Durante las horas de oscuridad, la iluminación eléctrica debe responder a su funcionamiento. La circulación se puede lograr con técnicas de iluminación eléctrica relativamente bajas hasta el piso o con iluminación indirecta desde espacios adyacentes. Los desafíos incluyen mantener una sensación de volumen nocturno y limitar la contaminación lumínica exterior. Cuando se utilizan plantas vivas, la iluminación natural y la iluminación eléctrica deben proporcionar una iluminancia suficiente de un espectro apropiado y durante una duración adecuada para mantener las plantas o facilitar su crecimiento. Consulte 22.2.10 Plantas para obtener más información.

Por lo general, la arquitectura, la naturaleza de las funciones y las iluminaciones involucradas ayudan a minimizar los efectos de iluminación ambiental exterior de atrios y patios. Cuando se utiliza acristalamiento superior, se debe evitar orientar las luces hacia el acristalamiento, a menos que se trate de luminarias de haz controlado que iluminen obras de arte o elementos suspendidos en el espacio. Las luces ascendentes empotradas en el piso o en la pared para resaltar el follaje o la arquitectura deben exhibir ópticas de haz controlado equipadas con persianas, snoots o puertas tipo granero para recortar la dispersión de la luz. Esto también minimiza el deslumbramiento para los ocupantes del espacio. Se deben establecer toques de queda nocturnos mediante los cuales la iluminación interior se atenúa o se reduce sólo a los niveles necesarios para la circulación de baja actividad. A menos que los acabados arquitectónicos sean, digamos, <20% en una porción significativa del espacio, incluso una pequeña cantidad de luz creará cierta luminosidad en la superficie y una sensación de volumen durante las horas de oscuridad. Sin embargo, esto tiene más éxito si los ocupantes ingresan al espacio desde espacios adyacentes que exhiben brillos transicionales. La figura 22.1 ilustra dos atrios de hotel muy diferentes. Los atrios y patios suelen implicar una cantidad significativa de tragaluz o cielorraso o alguna combinación. Con la llegada de la energía fotovoltaica integrada en edificios (BIPV), los BIPV también pueden abordar las cargas de sobreiluminación, deslumbramiento y refrigeración asociadas con la iluminación natural. Los BIPV pueden integrarse con el vidriado de la misma manera que la frita cubre el vidriado, lo que permite cierta transmitancia visible y al mismo tiempo bloquea una cantidad significativa de radiación visible y solar. La Figura 22.2 ilustra una serie de estudios para un espacio de atrio pequeño que identifica superficies acristaladas con BIPV (mostradas gráficamente en blanco y orientadas al sur) y superficies acristaladas de visión clara (mostradas en “claro” y orientadas al norte).

Cuadro 22.1 | Aplicaciones Comunes
Lista de Verificación para la Iluminación

Topics
✔ **Criterios de IES y Recursos de Diseño**
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Table 12.2 | Impresiones Subjetivas
Table 15.2 | Proporciones de Iluminación de Acento
Table 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones del Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA
Iluminación Eléctrica
15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad Temporal al Contraste
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro: 22.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Table 12.6 | Relación de Iluminancia Predeterminada Recomendaciones
Figure 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Table 12.5 | Relación de luminancia Predeterminada Recomendaciones
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Medioambiente Externo a Medianoche
Table 15.6 | Operación Nocturna Estrategias para Mejorar el Exterior Respecto al Medio Ambiente
Integración de Sistemas
12.6 Factores del Sistema
Reflexiones Tipo Velo
Este Capítulo: Sección: 22.3.6
12.5.4 Reflexiones de Tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección: 22.2
Este Capítulo: Cuadro: 22.2
Table 11.2 | Programar: Inventario Alcance y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro: 12.3 | Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales





FIGURA 22.1 | ATRIO

La luz natural y la iluminación decorativa son posiblemente características distintivas de ambos atrios. La iluminación en el atrio en el extremo izquierdo tiene una escala y una cadencia diseñadas para complementar la escala del atrio, definiéndolo como una habitación. Cada luminaria proporciona una luz suave. Estos reciben energía durante el día para dar la bienvenida a los huéspedes y realzar el lugar y el carácter. Las plantas vivas requieren atención a la duración y cantidad de iluminancia en las marquesinas. Ver 22.2.10 Plantas. La iluminación en el atrio en el lado izquierdo se encuentra dentro de los retranqueos del balcón y en el piso principal. Esta solución refleja la historia de la estructura y cómo se introdujo la iluminación eléctrica en los edificios.

» Imagen del extremo izquierdo €>B.S.RI7Corbis » Imagen del extremo izquierdo ©Richard T. Nowitz/Corbis

22.2.4 ENTRADAS A EDIFICIOS

Para las entradas a edificios, varias condiciones influyen en la iluminación:

- Grado en que las entradas están cubiertas por los elementos
- Proximidad del tráfico vehicular al tráfico peatonal
- Niveles de actividad nocturna anticipados
- Zona de iluminación exterior nocturna para el proyecto en consideración

• Seguridad

Tabla 22.2 describe una lista extensa de tipos de entrada y situaciones. Aunque predominan las situaciones exteriores, la iluminación interior de los vestíbulos debe relacionarse con la condición de iluminación exterior para una transición cómoda entre el interior y el exterior y viceversa.

Table 22.2 | Common Applications Illuminance Recommendations

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21/ ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para materiales dignos de conservación.						vea Cuadro 15.2				
• Característica de la Pared	En el plano de la pared						vea Cuadro 15.2				
• Punto Focal Importante	En el plano del punto focal	vea Cuadro 15.2					vea Cuadro 15.2				
• Perímetro	En el plano de la pared						vea Cuadro 15.2				
ADMINISTRACIÓN											
• Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
• Conferencia	Ver CONFERENCIAS										
• Sala de Copia e Impresión	Ver ESPACIOS DE APOYO										
• Asesoramiento	Ver ADMINISTRACIÓN/Entrevistas										
• Presentación	E_h @2' 6" AFF; E_v en la cara frontal del archivador sobre el área desde 1 ' AFF hasta la parte superior del archivador o sistema de archivado.										
• Constante		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Intermitente		N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Rara vez		M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Entrevistas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF										
• Conversación		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Formal	Incluye llenado y lectura de formularios.	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Vestíbulos	Vea ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
• Instalación de Correo											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Inspección de Seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Oficinas	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a iluminancia de tarea más importante o tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen. Ver también 32/ ILUMINACIÓN PARA OFICINAS.										
• Capacitación	Ver CONFERENCIA. Alternativamente, ver LECTURA y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen.										
ATRIOS Y PATIOS	(presuntamente iluminado por el día)										
• Día											
• Aplicaciones/Tareas	Ver tareas de aplicaciones relevantes (por ejemplo, SERVICIO DE ALIMENTOS, ESPACIOS DE TRANSICIÓN/VESTÍBULOS, etc.).										
• General	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Circulación/General										
• Plantas	Ver PLANTAS										
• Noche											
• Aplicaciones/Tareas	Ver tareas de aplicaciones relevantes (por ejemplo, SERVICIO DE ALIMENTOS, ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos, etc.).										
• General	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Circulación/General										
• Toque de Queda Tardío	Retroceso en un momento predeterminado	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura[h]: Habitación o Área Designada
	vea 15.1.1.3					
	vea 15.1.1.3					
	vea 15.1.1.3					
	vea 15.1.1.3					
	vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	vea Cuadro 12.6					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m . Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Aquí se adjuntan las dos tablas para mejor comprensión.

Table 22.2 | Common Applications Illuminance Recommendations

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.																	
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21/ ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para materiales dignos de conservación.							vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3		●	●	●	
• Característica de la Pared	En el plano de la pared							vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3		●		●	
• Punto Focal Importante	En el plano del punto focal		vea Cuadro 15.2					vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3		●	●	●	
• Perímetro	En el plano de la pared							vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3		●		●	
ADMINISTRACIÓN																		
• Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																	
• Conferencia	Ver CONFERENCIAS																	
• Sala de Copia e Impresión	Ver ESPACIOS DE APOYO																	
• Asesoramiento	Ver ADMINISTRACIÓN/Entrevistas																	
• Presentación	E_h @2' 6" AFF; E_v en la cara frontal del archivador sobre el área desde 1' AFF hasta la parte superior del archivador o sistema de archivado.																	
• Constante		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.		vea Cuadro 12.6		●		●	
• Intermitente		N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		●		●	
• Rara vez		M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		●		●	
• Entrevistas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF																	
• Conversación		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		●			●
• Formal	Incluye llenado y lectura de formularios.	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		●			●
• Vestíbulos	Vea ESPACIOS DE TRANSICIÓN																	
• Instalación de Correo																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		●			●
• Inspección de Seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		vea Cuadro 12.6		●	●	●	
• Clasificación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		2:1		●		●	
• Oficinas	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a iluminancia de tarea más importante o tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen. Ver también 32/ ILUMINACIÓN PARA OFICINAS.																	
• Capacitación	Ver CONFERENCIA. Alternativamente, ver LECTURA y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen.																	
ATRIOS Y PATIOS	(presuntamente iluminado por el día)																	
• Día																		
• Aplicaciones/Tareas	Ver tareas de aplicaciones relevantes (por ejemplo, SERVICIO DE ALIMENTOS, ESPACIOS DE TRANSICIÓN/VESTÍBULOS, etc.).																	
• General	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Circulación/General																	
• Plantas	Ver PLANTAS																	
• Noche																		
• Aplicaciones/Tareas	Ver tareas de aplicaciones relevantes (por ejemplo, SERVICIO DE ALIMENTOS, ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos, etc.).																	
• General	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Circulación/General																	
• Toque de Queda Tardío	Retroceso en un momento predeterminado	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.		2:1					●

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) [b] [c] [d] — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ENTRADAS A EDIFICIOS	Aplicaciones y tareas de **INTERIORES** citadas aquí. Consulte ENTRADAS A EDIFICIOS - EXTERIORES para conocer las respectivas aplicaciones y tareas										
• Vestíbulos											
• Alta Actividad [i]											
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Actividad Media [i]	Entrada/Salida de Vestíbulos tipificados por períodos de alto tránsito peatonal										
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Baja Actividad [i]	Entrada/Salida de Vestíbulos tipificados por períodos de bajo tránsito peatonal										
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
ENTRADAS A EDIFICIOS	Aplicaciones y tareas **EXTERIORES** aquí citadas. Consulte ENTRADAS AL EDIFICIO - INTERIORES para ver vestíbulos interiores.										
• Entradas/Salidas con Antepuerta	En las aceras de bajada a las entradas bajo el toldo. Consulte también ENTRADAS A EDIFICIOS/Sin cobertura y ENTRADAS A EDIFICIOS/Porche de Carruajes										
• Alta Actividad [i]	Bordillos caracterizados por períodos de alto tráfico de peatones y vehículos; E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida										
• LZ4[j]		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Actividad Media [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico medio de peatones y vehículos; E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida										
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• Baja Actividad [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico bajo de peatones y vehículos; E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida										
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• Acceso al sistema de llamadas de intercomunicación	E_v en dispositivo de interfaz de llamada, a menos que sea autoiluminado						H	10	20	40	Prom.
• Entradas/Salidas no Cubiertas											
• Al Exterior Inmediatamente	Ancho de puerta; E_h @clasificación en el umbral; E_v dentro de 3' del umbral y @5' AFG en dirección al ingreso o cámara de seguridad										
• Alta Actividad [i]	Entradas/Salidas tipificadas por períodos de alto tránsito peatonal										
• LZ4[j]			10	10	10	Min	H	10	20	40	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)			10	10	10	Min	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)			10	10	10	Min	F	5	10	20	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)			10	10	10	Min	E	4	8	16	Prom.
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k		10	10	10	Min	D	3	6	12	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v se aplican diferentes uniformidades			 [f]	 [g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
	2:1					
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ENTRADAS A EDIFICIOS	Aplicaciones y tareas de **INTERIORES** citadas aquí. Consulte ENTRADAS A EDIFICIOS - EXTERIORES para conocer las respectivas aplicaciones y tareas													
• Vestíbulos														
• Alta Actividad [i]														
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		2:1	
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Actividad Media [i]	Entrada/Salida de Vestíbulos tipificados por períodos de alto tránsito peatonal													
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
• Baja Actividad [i]	Entrada/Salida de Vestíbulos tipificados por períodos de bajo tránsito peatonal													
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1	
ENTRADAS A EDIFICIOS	Aplicaciones y tareas **EXTERIORES** aquí citadas. Consulte ENTRADAS AL EDIFICIO - INTERIORES para ver vestíbulos interiores.													
• Entradas/Salidas con Antepuerta	En las aceras de bajada a las entradas bajo el toldo. Consulte también ENTRADAS A EDIFICIOS/Sin cobertura y ENTRADAS A EDIFICIOS/Porche de Carruajes													
• Alta Actividad [i]	Bordillos caracterizados por períodos de alto tráfico de peatones y vehículos; E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida													
• LZ4 [j]		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.	4:1	2:1	
• LZ3 [j] (Y LZ4 Toque de queda)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1	2:1 (4:1)	
• LZ2 [j] (Y LZ3 Toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ1 [j] (Y LZ2 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ0 [j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1		
• Actividad Media [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico medio de peatones y vehículos; E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida													
• LZ4 [j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	4:1	2:1	
• LZ3 [j] (Y LZ4 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	4:1	2:1 (4:1)	
• LZ2 [j] (Y LZ3 Toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ1 [j] (Y LZ2 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ0 [j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1		
• Baja Actividad [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico bajo de peatones y vehículos; E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida													
• LZ4 [j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1	2:1	
• LZ3 [j] (Y LZ4 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	2:1 (4:1)	
• LZ2 [j] (Y LZ3 Toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ1 [j] (Y LZ2 Toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ0 [j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		2:1		
• Acceso al sistema de llamadas de intercomunicación	E_v en dispositivo de interfaz de llamada, a menos que sea autoiluminado						H	10	20	40	Prom.		2:1	
• Entradas/Salidas no Cubiertas														
• Al Exterior Inmediatamente	Ancho de puerta; E_h @clasificación en el umbral; E_v dentro de 3' del umbral y @5' AFG en dirección al ingreso o cámara de seguridad													
• Alta Actividad [i]	Entradas/Salidas tipificadas por períodos de alto tránsito peatonal													
• LZ4 [j]			10	10	10	Min	H	10	20	40	Prom.	4:1	2:1	
• LZ3 [j] (Y LZ4 Toque de queda)			10	10	10	Min	G	7.5	15	30	Prom.	4:1	2:1 (4:1)	
• LZ2 [j] (Y LZ3 Toque de queda)			10	10	10	Min	F	5	10	20	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ1 [j] (Y LZ2 Toque de queda)			10	10	10	Min	E	4	8	16	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
• LZ0 [j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k		10	10	10	Min	D	3	6	12	Prom.	2:1		

Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas / Habitación o Área Designada

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia continúa de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continuación de entradas/salidas/Exteriores no Cubiertas al aire libre)										
· Actividad Media [i]	Entradas/Salidas tipificadas por períodos de tránsito peatonal medio										
· LZ4[j]			10	10	10	Min	F	5	10	20	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)			10	10	10	Min	E	4	8	16	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)			10	10	10	Min	D	3	6	12	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)			10	10	10	Min	C	2	4	8	Prom.
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k		10	10	10	Min	B	1	2	4	Prom.
· Baja Actividad [i]	Entradas/Salidas tipificadas por períodos de tránsito peatonal bajo										
· LZ4[j]			10	10	10	Min	E	4	8	16	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)			10	10	10	Min	D	3	6	12	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)			10	10	10	Min	C	2	4	8	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)			10	10	10	Min	B	1	2	4	Prom.
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k		10	10	10	Min	A	0.5	1	2	Prom.
• Senda Vehicular	Para caminos hasta la acera de más de 50', ilumine 10' del camino en el extremo de la acera y 10' del camino en el extremo de entrada y salida del edificio. E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida y cámara de seguridad.										
· Alta Actividad [i]	Entradas tipificadas por periodos de tránsito peatonal alto										
· LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· Actividad Media [i]	Entradas tipificadas por períodos de tránsito peatonal medio										
· LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· Baja Actividad [i]	Entradas tipificadas por períodos de tránsito peatonal bajo										
· LZ4[j]		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
•Puerta Cochera	E_h @clasificación; E_v @5' AFG en la dirección de ingreso/salida y cámara de seguridad										
• Alta Actividad [i]	Puerta Cocheras tipificadas por períodos de tráfico vehicular y de peatones alto										
· LZ4[j]		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Actividad Media [i]	Puerta Cocheras tipificadas por períodos de tráfico vehicular y de peatones medio										
· LZ4[j]		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
	3:1					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	2:1					
	2:1 (4:1)					
	2:1 (4:1)					
	2:1 (4:1)					
	2:1 (4:1)					
	2:1					
	2:1 (4:1)					
	2:1 (4:1)					
	2:1 (4:1)					
	2:1 (4:1)					

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Se adjuntan los cuadros anteriores para mejor comprensión.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia continúa de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continuación de entradas/salidas/Exteriores no Cubiertas al aire libre)															
• Actividad Media [i]	Entradas/Salidas tipificadas por períodos de tránsito peatonal medio															
• LZ4[j]			10	10	10	Min	F	5	10	20	Prom.	4:1	2:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)			10	10	10	Min	E	4	8	16	Prom.	4:1	2:1 (4:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)			10	10	10	Min	D	3	6	12	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)			10	10	10	Min	C	2	4	8	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]		10	10	10	Min	B	1	2	4	Prom.	2:1				
• Baja Actividad [i]	Entradas/Salidas tipificadas por períodos de tránsito peatonal bajo															
• LZ4[j]			10	10	10	Min	E	4	8	16	Prom.	4:1	2:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)			10	10	10	Min	D	3	6	12	Prom.	4:1	2:1 (4:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)			10	10	10	Min	C	2	4	8	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)			10	10	10	Min	B	1	2	4	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]		10	10	10	Min	A	0.5	1	2	Prom.	2:1				
• Senda Vehicular	Para caminos hasta la acera de más de 50', ilumine 10' del camino en el extremo de la acera y 10' del camino en el extremo de entrada y salida del edificio. E_h @clasificación; E_v @5' AFG en direcciones de entrada/salida y cámara de seguridad.															
• Alta Actividad [i]	Entradas tipificadas por periodos de tránsito peatonal alto															
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.		3:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		3:1 (6:1)			
• Actividad Media [i]	Entradas, tipificadas por períodos de tránsito peatonal medio															
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.		3:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)			
• Baja Actividad [i]	Entradas tipificadas por períodos de tránsito peatonal bajo															
• LZ4[j]		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.		3:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)			
•Puerta Cochera	E_h @clasificación; E_v @5' AFG en la dirección de ingreso/salida y cámara de seguridad															
• Alta Actividad [i]	Puerta Cocheras tipificadas por períodos de tráfico vehicular y de peatones alto															
• LZ4[j]		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.		2:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.		2:1 (4:1)			
• Actividad Media [i]	Puerta Cocheras tipificadas por períodos de tráfico vehicular y de peatones medio															
• LZ4[j]		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1			
• LZ3[j] (Y LZ4 Toque de queda)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento [k]	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1 (4:1)			

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continuación de Puerta Cochera al aire libre)										
• Baja Actividad [i]	Puerta cochera caracterizadas por períodos de bajo tráfico de peatones y vehículos										
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
•Entradas Privadas al Lugar	Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para accesos a sitios considerados riesgos de seguridad.										
• Supervisado											
• Peatones											
• Área de Credenciales	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el área de acreditación designada. Ev debe estar orientado en planos hacia la puerta de entrada en el área de acreditación designada.										
LZ4[j]	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
LZ3[j] (and LZ4 curfew)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	E	4	8	16	Prom.	E	4	8	16	Prom.
LZ2[j] (and LZ3 curfew)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
LZ1[j] (and LZ2 curfew)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Área General	La iluminación debe abordar un área que se extienda 15' más allá de la puerta de entrada en todas las direcciones o hasta los límites de la propiedad o los derechos de paso, lo que sea menor. Ev debe estar en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientado hacia la garita de entrada.										
LZ4[j]	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Vehículos	La iluminación debe abordar el área de llegada y salida de vehículos con énfasis en el área designada para la presentación de cartas credenciales. Ev en la aproximación debe realizarse en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientados hacia la puerta de entrada. Ev en la zona de presentación de credenciales debe estar en un plano que represente la ventanilla del lado del conductor orientada hacia la garita.										
• Autos y camiones livianos	Ev en el rango de altura que representa las elevaciones del parabrisas y de la ventana del lado del conductor para la mayoría de los automóviles y camionetas livianas.										
Área de Credenciales	La iluminación debe abordar un área de 5' por 10' centrada en el área de acreditación designada con la dimensión larga paralela a la dirección de viaje. Ev debe estar en planos orientados hacia la puerta de entrada en el área de acreditación designada.										
LZ4[j]	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1				■	
	2:1 (4:1)				■	
	2:1 (4:1)				■	
	2:1 (4:1)				■	
	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
3:1	3:1				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
2:1	2:1				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Las tablas anteriores unidas para una mejor comprensión

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continuación de Puerta Cochera al aire libre)															
• Baja Actividad [i]	Puerta cochera caracterizadas por períodos de bajo tráfico de peatones y vehículos															
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.		2:1			
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.		2:1 (4:1)			
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.		2:1 (4:1)			
•Entradas Privadas al Lugar	Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para accesos a sitios considerados riesgos de seguridad.															
• Supervisado																
• Peatones																
• Área de Credenciales	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el área de acreditación designada. Ev debe estar orientado en planos hacia la puerta de entrada en el área de acreditación designada.															
LZ4[j]	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	2:1			
LZ3[j] (and LZ4 curfew)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	E	4	8	16	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
LZ2[j] (and LZ3 curfew)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
LZ1[j] (and LZ2 curfew)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
• Área General	La iluminación debe abordar un área que se extienda 15' más allá de la puerta de entrada en todas las direcciones o hasta los límites de la propiedad o los derechos de paso, lo que sea menor. Ev debe estar en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientado hacia la garita de entrada.															
LZ4[j]	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1			
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		3:1	3:1 (6:1)			
• Vehículos	La iluminación debe abordar el área de llegada y salida de vehículos con énfasis en el área designada para la presentación de cartas credenciales. Ev en la aproximación debe realizarse en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientados hacia la puerta de entrada. Ev en la zona de presentación de credenciales debe estar en un plano que represente la ventanilla del lado del conductor orientada hacia la garita.															
• Autos y camiones livianos	Ev en el rango de altura que representa las elevaciones del parabrisas y de la ventana del lado del conductor para la mayoría de los automóviles y camionetas livianas.															
Área de Credenciales	La iluminación debe abordar un área de 5' por 10' centrada en el área de acreditación designada con la dimensión larga paralela a la dirección de viaje. Ev debe estar en planos orientados hacia la puerta de entrada en el área de acreditación designada.															
LZ4[j]	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1	2:1			
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @4' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continúan las entradas privadas al sitio al aire libre)										
Área General	La iluminación debe abordar un área del ancho de un carril vehicular inmediatamente adyacente a la garita y extenderse 30' más allá de la garita tanto en la dirección de entrada como de salida o hasta los límites de propiedad o derechos de paso, lo que sea menor. La Ev debe estar en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientados hacia la garita										
• LZ4[j]	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	E	4	8	16	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
Furgonetas/camiones comerciales	Ev, en el rango de altura que representa las elevaciones del parabrisas y de la ventana del lado del conductor para la mayoría de las camionetas y camiones comerciales.										
Área de Credenciales	La iluminación debe abordar un área de 5' por 10' centrada en el área de acreditación designada con la dimensióng larga paralela a la dirección de viaje. deben estar en planos orientados hacia la garita en el área de acreditación designada.										
• LZ4[j]	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG y Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.
Área General	La iluminación debe abordar un área del ancho de un carril vehicular inmediatamente adyacente a la garita y extenderse 30' más allá de la garita tanto en la dirección de la entrada como de salida o hasta los límites de propiedad o derechos de paso, lo que sea menor. La Ev debe estar en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientados hacia la garita de entrada.										
• LZ4[j]	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	E	4	8	16	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG y Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Monitorización Remota											
Sistema de Intercomunicación de voz	Resalte el sistema de llamada de intercomunicación a menos que esté iluminado internamente. Coordine la iluminación con la ubicación de la cámara para evitar la pérdida de imagen.										
• LZ4[j]	Ev en el equipo del sistema.						G	7.5	15	30	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.						F	5	10	20	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.						E	4	8	16	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.						D	3	6	12	Prom.
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema y Control con sensores de movimiento k						C	2	4	8	Prom.
• Peatones	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el área de monitoreo designada. deben estar en planos orientados hacia la cámara. Confirme que las iluminancias cumplan con los requisitos de la cámara.										
• LZ4[j]	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG y Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
3:1	3:1				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
2:1	2:1				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
3:1	3:1				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
3:1	3:1 (6:1)				■	
2:1	2:1				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	
2:1	2:1 (4:1)				■	

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m . Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Para una mejor comprensión se unen las tablas anteriores.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos (E_h) Horizontal – Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical – Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad: Máx:Prom	Prom:Mín (Máx:Mín)
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continúan las entradas privadas al sitio al aire libre)												
Área General	La iluminación debe abordar un área del ancho de un carril vehicular inmediatamente adyacente a la garita y extenderse 30' más allá de la garita tanto en la dirección de entrada como de salida o hasta los límites de propiedad o derechos de paso, lo que sea menor. La Ev debe estar en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientados hacia la garita												
LZ4	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1
LZ3 (Y LZ4 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	E	4	8	16	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
LZ2 (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
LZ1 (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
LZ0 (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @5' AFG; E_v @3'-5' AFG y Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
Furgonetas/camiones comerciales	Ev, en el rango de altura que representa las elevaciones del parabrisas y de la ventana del lado del conductor para la mayoría de las camionetas y camiones comerciales.												
Área de Credenciales	La iluminación debe abordar un área de 5' por 10' centrada en el área de acreditación designada con la dimensióng larga paralela a la dirección de viaje. deben estar en planos orientados hacia la garita en el área de acreditación designada.												
LZ4	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1	2:1
LZ3 (Y LZ4 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ2 (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ1 (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ0 (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @8' AFG; E_v @6'-9' AFG y Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
Área General	La iluminación debe abordar un área del ancho de un carril vehicular inmediatamente adyacente a la garita y extenderse 30' más allá de la garita tanto en la dirección de la entrada como de salida o hasta los límites de propiedad o derechos de paso, lo que sea menor. La Ev debe estar en planos perpendiculares a la dirección de viaje y orientados hacia la garita de entrada.												
LZ4	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1
LZ3 (Y LZ4 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	E	4	8	16	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
LZ2 (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
LZ1 (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
LZ0 (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @10' AFG; E_v @6'-9' AFG y Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	3:1 (6:1)
Monitorización Remota													
Sistema de intercomunicación de voz	Resalte el sistema de llamada de intercomunicación a menos que esté iluminado internamente. Coordine la iluminación con la ubicación de la cámara para evitar la pérdida de imagen.												
LZ4	Ev en el equipo del sistema.						G	7.5	15	30	Prom.	2:1	2:1
LZ3 (Y LZ4 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.						F	5	10	20	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ2 (Y LZ3 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.						E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ1 (Y LZ2 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.						D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ0 (Y LZ1 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema y Control con sensores de movimiento k						C	2	4	8	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
Peatones	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el área de monitoreo designada. deben estar en planos orientados hacia la cámara. Confirme que las iluminancias cumplan con los requisitos de la cámara.												
LZ4	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	2:1
LZ3 (Y LZ4 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ2 (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ1 (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	2:1 (4:1)
LZ0 (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @3' AFG; E_v @5' AFG y Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1	2:1 (4:1)

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continúan las entradas privadas al sitio al aire libre)										
· Vehículos	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el área de monitoreo designada. Ev debe estar en un plano que represente la ventana del lado del conductor orientada hacia la cámara. Confirme que las iluminancias cumplan con los requisitos de la cámara.										
· LZ4[j]	Ev en el equipo del sistema.	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.	H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema y Control con sensores de movimiento k	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Sin asistente / sin vigilancia											
· Acceso al Sistema de Intercomunicación	Highlight security call system unless internally illuminated.										
· LZ4[j]	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						H	10	20	40	Prom.
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						G	7.5	15	30	Prom.
· LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						F	5	10	20	Prom.
· LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						E	4	8	16	Prom.
· LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema y Control con sensores de movimiento k						D	3	6	12	Prom.
· Peatones	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el sistema de llamada del intercomunicador.										
· LZ4[j]	E_h @calificación	E	4	8	16	Prom.					
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @calificación	D	3	6	12	Prom.					
· LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @calificación	C	2	4	8	Prom.					
· LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @calificación	B	1	2	4	Prom.					
· LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @calificación y control con Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.					
· Vehículos	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el sistema de llamada del intercomunicador.										
· LZ4[j]	E_h @calificación	F	5	10	20	Prom.					
· LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @calificación	E	4	8	16	Prom.					
· LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	E_h @calificación	D	3	6	12	Prom.					
· LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	E_h @calificación	C	2	4	8	Prom.					
· LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)	E_h @calificación y control con Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.					
CIRCULACIÓN	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación										
CONFERENCIAS											
• Reuniones	Toma de notas periódicas, lectura y detalles faciales.										
• Discursos	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Superficies para Presentaciones	Cartulinas verticales, tableros de presentación, superficies adhesivas.						M	50	100	200	Prom.
· Pizarras blancas											
· Análogo o Digital											
Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e]					Área Típica de Cobertura[h]	
Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]		
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min				
2:1	2:1					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
vea Cuadro 12.6						
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ENTRADAS A EDIFICIOS	(Continúan las entradas privadas al sitio al aire libre)																	
• Vehículos	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el área de monitoreo designada. Ev debe estar en un plano que represente la ventana del lado del conductor orientada hacia la cámara. Confirme que las iluminancias cumplan con los requisitos de la cámara.																	
• LZ4[j]	Ev en el equipo del sistema.	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.	2:1	2:1				■	
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.	H	10	20	40	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.	G	7.5	15	30	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema.	F	5	10	20	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1 (4:1)				■	
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema y Control con sensores de movimiento k	E	4	8	16	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)				■	
• Sin asistente / sin vigilancia																		
• Acceso al Sistema de Intercomunicación	Highlight security call system unless internally illuminated.																	
• LZ4[j]	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						H	10	20	40	Prom.		2:1				■	
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						G	7.5	15	30	Prom.		2:1				■	
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						F	5	10	20	Prom.		2:1				■	
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Ev, en el equipo del sistema, a menos que sea autoiluminado.						E	4	8	16	Prom.		2:1				■	
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	Ev en el equipo del sistema y Control con sensores de movimiento k						D	3	6	12	Prom.		2:1				■	
• Peatones	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el sistema de llamada del intercomunicador.																	
• LZ4[j]	E_h @calificación	E	4	8	16	Prom.						2:1	3:1				■	
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @calificación	D	3	6	12	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @calificación	C	2	4	8	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @calificación	B	1	2	4	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @calificación y control con Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• Vehículos	La iluminación debe abordar un área de 5' por 5' centrada en el sistema de llamada del intercomunicador.																	
• LZ4[j]	E_h @calificación	F	5	10	20	Prom.						2:1	3:1				■	
• LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	E_h @calificación	E	4	8	16	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	E_h @calificación	D	3	6	12	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	E_h @calificación	C	2	4	8	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)	E_h @calificación y control con Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.						2:1	3:1 (6:1)				■	
CIRCULACIÓN	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación																	
CONFERENCIAS																		
• Reuniones	Toma de notas periódicas, lectura y detalles faciales.																	
• Discursos	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6					■	
• Superficies para Presentaciones	Cartulinas verticales, tableros de presentación, superficies adhesivas.						M	50	100	200	Prom.		3:1				■	
• Pizarras blancas																		
• Análogo o Digital																		
Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.		3:1				■	

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CONFERENCIAS	(Continuación de Reuniones)										
• Presentación											
• Discursos formales											
• AV	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Max
• No AV											
Superficies para presentaciones	Cartulinas verticales, tableros de presentación, superficies adhesivas.						M	50	100	200	Prom.
Reportes, folletos	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a iluminancia de tarea más importante o tarea más común; usar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen.										
• Pizarras blancas											
• Análoga o Digital											
Lectura (presentación)	Uso interactivo como parte de una presentación formal						P	150	300	600	Prom.
• Presentador	En un podio o posición de presentación fija										
Rostro	E_v @5' AFF						Prom. ≥1 veces pero ≤3 veces la tarea de audiencia E_h				
Superficie de tarea	E_h @3' 6" AFF	Prom. ≥1 veces pero ≤3 veces la tarea de audiencia E_h									
• Telepresencia	Vea CONFERENCIAS/Vídeo Conferencias										
• Vídeo conferencia	Coordine los criterios de iluminación con los requisitos de la cámara y la pantalla. Cuando las tecnologías de cámara y visualización permitan criterios más bajos que los informados aquí, utilice los criterios más bajos para reducir la fatiga visual y la incomodidad común bajo iluminancias verticales relativamente altas durante períodos prolongados de actividad sedentaria. Abordar las citas de criterios para las reflectancias de mesas y paredes. Consulte IES DG-17 Fundamentos de iluminación para videoconferencias para obtener información adicional.										
• Visores											
• Proyección a pantalla frontal	Sobre la superficie frontal de la pantalla							50	50	50	Max
• Proyección a pantalla trasera	Sobre la superficie frontal de la pantalla							150	150	150	Max
• Visores de vídeo o monitores	Sobre la superficie frontal del visor							200	200	200	Max
• Rostros	E_h @4' AFF; E_v @3'-5' AFF en dirección(es) de la(s) cámara(s)		300	300	300	Prom.		400	400	400	Prom.
• Cuadros	Se recomienda una reflectancia de superficie mate del 40% para la mesa. Las recomendaciones de iluminancia se adaptan a la lectura intermitente de materiales de referencia que consisten en tareas en papel y pantallas de computadora de polaridad positiva CSA/ISO Tipos I y II. Ver LECTURA Y ESCRITURA si se deben acomodar otros materiales de referencia.										
• 40% reflectancia mate	E_h @2' 6" AFF		300	300	300	Prom.					
• Paredes	Se recomiendan reflectancias de superficie mate para paredes.										
• 40% reflectancia mate	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							400	400	400	Prom.
• 50% reflectancia mate	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							300	300	300	Prom.
• 60% reflectancia mate	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							200	200	200	Prom.
CORREDORES	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación										
SALAS DE EQUIPOS	Ver ESPACIOS DE APOYO/Salas de Equipos										
SERVICIO DE COMIDA											
• Acentuación	Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para obras de arte con calidad de museo										
•Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)								ver Cuadro 15.2		
• Característica de la pared	En el plano de la pared								ver Cuadro 15.2		
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Cuadro 15.2		
• Resaltado de la mesa	En el plano de la mesa			ver Cuadro 15.2							

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e]						
Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
3:1						
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
2:1						
2:1						
2:1						
	1.5:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CONFERENCIAS	(Continuación de Reuniones)																	
• Presentación																		
• Discursos formales																		
• AV	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Max	3:1						
• No AV																		
Superficies para presentaciones	Cartulinas verticales, tableros de presentación, superficies adhesivas.						M	50	100	200	Prom.		3:1					
Reportes, folletos	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a iluminancia de tarea más importante o tarea más común; usar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen.																	
• Pizarras blancas																		
• Análoga o Digital																		
Lectura (presentación)	Uso interactivo como parte de una presentación formal						P	150	300	600	Prom.		3:1					
• Presentador	En un podio o posición de presentación fija																	
Rostro	E_v @5' AFF						Prom. ≥1 veces pero ≤3 veces la tarea de audiencia E_h						3:1					
Superficie de tarea	E_h @3' 6" AFF	Prom. ≥1 veces pero ≤3 veces la tarea de audiencia E_h											2:1					
• Telepresencia	Vea CONFERENCIAS/Vídeo Conferencias																	
• Vídeo conferencia	Coordine los criterios de iluminación con los requisitos de la cámara y la pantalla. Cuando las tecnologías de cámara y visualización permitan criterios más bajos que los informados aquí, utilice los criterios más bajos para reducir la fatiga visual y la incomodidad común bajo iluminancias verticales relativamente altas durante períodos prolongados de actividad sedentaria. Abordar las citas de criterios para las reflectancias de mesas y paredes. Consulte IES DG-17 Fundamentos de iluminación para videoconferencias para obtener información adicional.																	
• Visores																		
• Proyección a pantalla frontal	Sobre la superficie frontal de la pantalla							50	50	50	Max	2:1						
• Proyección a pantalla trasera	Sobre la superficie frontal de la pantalla							150	150	150	Max	2:1						
• Visores de vídeo o monitores	Sobre la superficie frontal del visor							200	200	200	Max	2:1						
• Rostros	E_h @4' AFF; E_v @3'-5' AFF en dirección(es) de la(s) cámara(s)		300	300	300	Prom.		400	400	400	Prom.		1.5:1					
• Cuadros	Se recomienda una reflectancia de superficie mate del 40% para la mesa. Las recomendaciones de iluminancia se adaptan a la lectura intermitente de materiales de referencia que consisten en tareas en papel y pantallas de computadora de polaridad positiva CSA/ISO Tipos I y II. Ver LECTURA Y ESCRITURA si se deben acomodar otros materiales de referencia.																	
• 40% reflectancia mate	E_h @2' 6" AFF		300	300	300	Prom.							1.5:1					
• Paredes	Se recomiendan reflectancias de superficie mate para paredes.																	
• 40% reflectancia mate	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							400	400	400	Prom.		1.5:1					
• 50% reflectancia mate	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							300	300	300	Prom.		1.5:1					
• 60% reflectancia mate	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							200	200	200	Prom.		1.5:1					
CORREDORES	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación																	
SALAS DE EQUIPOS	Ver ESPACIOS DE APOYO/Salas de Equipos																	
SERVICIO DE COMIDA																		
• Acentuación	Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para obras de arte con calidad de museo																	
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)								ver Cuadro 15.2				ver 15.1.1.3					
• Característica de la pared	En el plano de la pared								ver Cuadro 15.2				ver 15.1.1.3					
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Cuadro 15.2				ver 15.1.1.3					
• Resaltado de la mesa	En el plano de la mesa			ver Cuadro 15.2									ver 15.1.1.3					

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SERVICIO DE COMIDAS	(Continuación)										
• Bar											
• Bar trasero	E_h @ seleccionar estantes; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Bar superior	E_h @bar superior; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Asientos en General	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Comedor	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Superficies de Trabajo	E_h @superficie de trabajo; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Cajeros	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Prom.
• Áreas de Comida (por local)											
• Cafeterías	E_h @ plano mesa; E_v@4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tiendas de Café	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Propiedades hoteleras											
• Comedores de 3 comidas											
• Desayuno	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Almuerzo	E_h @ plano mesa; E_v@4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Cena	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• Cafés/Cafeterías	E_h @ plano mesa; E_v@4' AFF	Avg = 3 times adjacent area E_h, but ≤100					Avg = 3 times adjacent area E_v, but ≤30				
• Comidas especiales	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Restaurantes											
• Cena Casual	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Cena de comida rápida	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Cena Fina	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Cocinas											
• Lavaplatos/lava Vajilla	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.
• Preparación de Comida	E_h y E_v @ preparación/superficies de manipulaciòn de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.
• Almacenamiento											
• Equipos, utensilios, vajilla	E_h y E_v @2' 6" AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.
• Alimento											
pero • No refrigerado	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min
• Refrigerado	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min
• Devolución de basura o artículos sucios.	E_h @ plano de retorno ; E_v@4' AFF		100	100	100	Min	K	25	50	100	Prom.
• Servidoras											
• Exhibidores de Comida	E_h y E_v @ planos de presentación de comida	Prom. =3 veces en área del comedor Eh, pero ≥200					Prom. =3 veces en área del comedor Eh, pero ≥200				
• Exhibidores para llevar	E_h y E_v @ planos de presentación de comida		200	200	200	Min	N	75	150	300	Prom.
• Líneas de servicio											
• Servicio por empleado	E_h y E_v @ preparación/superficies de manipulaciòn de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.
• Autoservicio	Ver SERVICIO DE COMIDAS/Servidoras/Vitrinas de alimentos										
• Sala de Baños (para el personal)	E_h y E_v @2' 6" AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.
• Salas de venta/hielo	E_h y E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Cava de Vinos	Los vinos son sensibles a los rayos UV y al calor. Seleccione, filtre y ubique el equipo en consecuencia. Utilice sensores de movimiento para limitar la exposición.										
• Exhibición y Degustación	E_h @3' 6" AFF; E_v @bastidores 4' AFF	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• uso de Sommelier	E_h @3' 6" AFF; E_v @bastidores 4' AFF	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e]					Área Típica de Cobertura[h]	
Sobre el Área de Cobertura; 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1/5:1		■		■	
	5:1		■	■	■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	1.5:1		■		■	
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	vea Cuadro 12.6		■		■	
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	3:1		■	■	■	
	3:1		■	■	■	
	vea Cuadro 12.6		■	■	■	
			■	■	■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1				■	
	3:1				■	

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m . Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

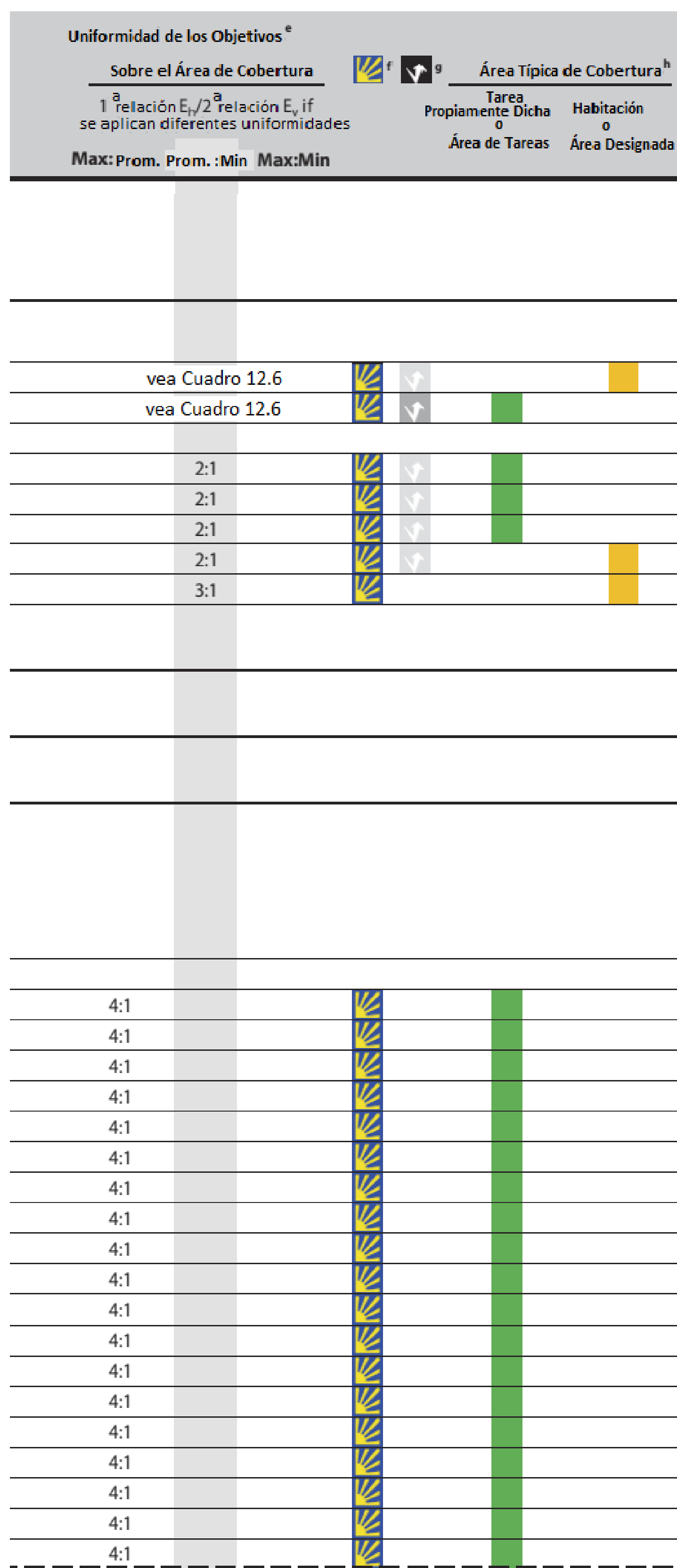
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [g] relación E_h/2 [g] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SERVICIO DE COMIDAS	(Continuación)															
• Bar																
• Bar trasero	E_h @ seleccionar estantes; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1/5:1	■		■	
• Bar superior	E_h @bar superior; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.	5:1	■	■	■	
• Asientos en General	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Comedor	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
• Superficies de Trabajo	E_h @superficie de trabajo; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	H	10	20	40	Prom.	1.5:1	■			
• Cajeros	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1	■		■	
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Áreas de Comida (por local)																
• Cafeterías	E_h @ plano mesa; E_v@4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
• Tiendas de Café	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Propiedades hoteleras																
• Comedores de 3 comidas																
• Desayuno	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Almuerzo	E_h @ plano mesa; E_v@4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	■			■
• Cena	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	■			■
• Cafés/Cafeterías	E_h @ plano mesa; E_v@4' AFF	Avg = 3 times adjacent area E_h, but ≤100					Avg = 3 times adjacent area E_v, but ≤30					3:1	■			■
• Comidas especiales	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	■			■
• Restaurantes																
• Cena Casual	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
• Cena de comida rápida	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1	■			■
• Cena Fina	E_h @plano mesa; E_v@4' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	■			■
• Cocinas																
• Lavaplatos/lava Vajilla	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.	2:1	■		■	
• Preparación de Comida	E_h y E_v @ preparación/superficies de manipulación de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.	vea Cuadro 12.6	■		■	
• Almacenamiento																
• Equipos, utensilios, vajilla	E_h y E_v @2' 6" AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.	2:1	■		■	
• Alimento pero																
• No refrigerado	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min	3:1	■			■
• Refrigerado	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min	3:1	■			■
• Devolución de basura o artículos sucios.	E_h @ plano de retorno ; E_v@4' AFF		100	100	100	Min	K	25	50	100	Prom.	2:1	■		■	
• Servidoras																
• Exhibidores de Comida	E_h y E_v @ planos de presentación de comida	Prom. =3 veces en área del comedor Eh, pero ≥200					Prom. =3 veces en área del comedor Eh, pero ≥200					3:1	■	■	■	
• Exhibidores para llevar	E_h y E_v @ planos de presentación de comida		200	200	200	Min	N	75	150	300	Prom.	3:1	■	■	■	
• Líneas de servicio																
• Servicio por empleado	E_h y E_v @ preparación/superficies de manipulación de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.	vea Cuadro 12.6	■	■	■	
• Autoservicio	Ver SERVICIO DE COMIDAS/Servidoras/Vitrinas de alimentos												■	■	■	
• Sala de Baños (para el personal)	E_h y E_v @2' 6" AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.	3:1	■			
• Salas de venta/hielo	E_h y E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Cava de Vinos	Los vinos son sensibles a los rayos UV y al calor. Seleccione, filtre y ubique el equipo en consecuencia. Utilice sensores de movimiento para limitar la exposición.															
• Exhibición y Degustación	E_h @3' 6" AFF; E_v @bastidores 4' AFF	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1			■	
• uso de Sommelier	E_h @3' 6" AFF; E_v @bastidores 4' AFF	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1			■	

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
IT											
• Operaciones activas	Ver también LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a iluminancia de tarea más importante o tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen.										
• Tareas administrativas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Programación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Almacén de datos											
•Archivo recuperación constante	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Archivo recuperación intermitente	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Archivo/recuperación rara vez	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Área de máquinas	CPUs, servidores, conmutadores,etc.	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Servicio de equipos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESTACIONAMIENTO	Vea 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
SENDAS PEATONALES	Vea 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
PLANTAS	Plantas vivas que se presume están aclimatadas para uso en interiores; consultar a un especialista en plantas de interiores; valores mostrados para mantenimiento y crecimiento.										
Nombre Común	Nombre Científico	Eh @sobre la planta a través del área de la planta. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.					Ev@ a media altura del cuerpo de la planta o del dosel en cuatro orientaciones. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.				
•Plantas de Piso	Typically 2' to 6' tall										
• Palmera Bambú	Chamaedorea erumpens			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min
• Planta de Maíz	Dracaena fragrans massangeana			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min
• Drago Enano	Dracaena marginata			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
•Palma de Abanico Europea	Chamaerops humilis			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Falsa Aralia	Dizygotheca elegantissima			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Bastón Gigante	Dieffenbachia amoena			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Drasena Verde	Dracaena deremensis "Janet Craig"			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Palma Kentia	Howeia forsteriana			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min
• Palma Dama	Rhapis exclesa			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Naranja Imitación	Pittosporum tobira			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Bella Palma Neanthe	Chamaedorea elegans "bella"			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min
• Palma Lirio	Yucca elephantipes			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Aralia Perejil	Polyscias guilfoylei			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Higo Filipino	Ficus philippinensis			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Palmera Datilera Pigmea	Phoenix roebelenii			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Podocarpo	Podocarpus macrophylla Maki			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min
•Árbol del Caucho	Ficus elastica "Decora"			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Schefflera	Brassaia actinophylla			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min
• Filodendro	Philodendron x evansii			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**



Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m . Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal: Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical: Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (Max:Prom. Prom.:Min Max:Min)
IT												
• Operaciones activas	Ver también LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a iluminancia de tarea más importante o tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen.											
• Tareas administrativas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Programación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Almacén de datos												
• Archivo recuperación constante	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1
• Archivo recuperación intermitente	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1
• Archivo/recuperación rara vez	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1
• Área de máquinas	CPUs, servidores, conmutadores,etc.	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1
• Servicio de equipos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1
ESTACIONAMIENTO	Vea 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES											
SENDAS PEATONALES	Vea 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES											
PLANTAS	Plantas vivas que se presume están aclimatadas para uso en interiores; consultar a un especialista en plantas de interiores; valores mostrados para mantenimiento y crecimiento.											
Nombre Común	Nombre Científico	Eh @sobre la planta a través del área de la planta. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.					Ev@ a media altura del cuerpo de la planta o del dosel en cuatro orientaciones. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.					
• Plantas de Piso	Typically 2' to 6' tall											
• Palmera Bambú	Chamaedorea erumpens			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Planta de Maíz	Dracaena fragrans massangeana			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Drago Enano	Dracaena marginata			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Palma de Abanico Europea	Chamaerops humilis			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Falsa Aralia	Dizygotheca elegantissima			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Bastón Gigante	Dieffenbachia amoena			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Drasena Verde	Dracaena deremensis "Janet Craig"			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Palma Kentia	Howeia forsteriana			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Palma Dama	Rhapis exclesa			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Naranja Imitación	Pittosporum tobira			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Bella Palma Neanthe	Chamaedorea elegans "bella"			250-750		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Palma Lirio	Yucca elephantipes			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Aralia Perejil	Polyscias guilfoylei			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Higo Filipino	Ficus philippinensis			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Palmera Datilera Pigmea	Phoenix roebelenii			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Podocarpo	Podocarpus macrophylla Maki			>2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Árbol del Caucho	Ficus elastica "Decora"			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Schefflera	Brassaia actinophylla			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1
• Filodendro	Philodendron x evansii			750-2000		Min			≥0.5 E_h		Min	4:1

Header notes for uniformity column: [a] relación E_h/[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades. Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha; Área de Tareas; Habitación o Área Designada.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
PLANTAS	(continuación)								
Common Name	Nombre Científico	Eh @sobre la planta a través del área de la planta. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.				Ev@ a media altura del cuerpo de la planta o del dosel en cuatro orientaciones. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.			
• **Table Plants**									
• **Espárrago Helecho**	Asparagus sprengeri		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Helecho de Boston**	Nephrolepsis exaltata bostoniensis		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Bromelia**	Aechmea fasciata		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Calamondín**	Citrus mitis		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Filodendro Común**	Philodendron oxycardium		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Planta de Maíz**	Dracaena fragrans massangeana		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Bastón Tonto**	Dieffenbachia "Exotica"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Esmeralda Ondulada**	Peperomia caperata		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Aglaonema Dorada**	Agalonema "Pseudobacteatum"		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Hiedra de Uva**	Cissus rhombifolia		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Vid Canguro**	Ciccus antarctiva		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Planta de Peltre**	Aglaonema roebelinii		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Planta de la Plegaria**	Maranta leuconeura		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Jaspeado Chino Perenne**	Aglaonema commutatum		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Planta de Cera**	Hoya carnosa		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Bandera Blanca**	Spathiphyllum "Mauna Loa"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Dracena de Rayas Blancas**	Dracaena deremensis "Warneckei"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Árboles**	Typically 5' to 10' tall								
Loquator Chino, Ciruela Japonesa	Eriobotrya japonica		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Higo de Hoja de Violín**	Ficus lyrata		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Laurel Indio**	Ficus retusa nitida		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Pino de la Isla Norfolk**	Araucaria excelsa		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Hoja de Cera**	Ligustrum lucidum		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min
• **Higo Llorón de Java**	Ficus benjamine "Exotica"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos [e]						
Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						
4:1						

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m . Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] — Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría				Categoría										
PLANTAS	(continuación)															
Common Name	Nombre Científico	Eh @sobre la planta a través del área de la planta. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.				Ev@ a media altura del cuerpo de la planta o del dosel en cuatro orientaciones. El rango bajo a alto se correlaciona con una actividad mínima de mantenimiento a crecimiento. Diseñado para una duración de 14 horas.										
• Table Plants																
• Espárrago Helecho	Asparagus sprengeri		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Helecho de Boston	Nephrolepsis exaltata bostoniensis		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Bromelia	Aechmea fasciata		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Calamondín	Citrus mitis		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Filodendro Común	Philodendron oxycardium		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Planta de Maíz	Dracaena fragrans massangeana		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Bastón Tonto	Dieffenbachia "Exotica"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Esmeralda Ondulada	Peperomia caperata		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Aglaonema Dorada	Agalonema "Pseudobacteatum"		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Hiedra de Uva	Cissus rhombifolia		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Vid Canguro	Ciccus antarctiva		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Planta de Peltre	Aglaonema roebelinii		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Planta de la Plegaria	Maranta leuconeura		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Jaspeado Chino Perenne	Aglaonema commutatum		250-750		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Planta de Cera	Hoya carnosa		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Bandera Blanca	Spathiphyllum "Mauna Loa"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Dracena de Rayas Blancas	Dracaena deremensis "Warneckei"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Árboles	Typically 5' to 10' tall															
Loquator Chino, Ciruela Japonesa	Eriobotrya japonica		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Higo de Hoja de Violín	Ficus lyrata		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Laurel Indio	Ficus retusa nitida		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Pino de la Isla Norfolk	Araucaria excelsa		>2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Hoja de Cera	Ligustrum lucidum		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						
• Higo Llorón de Java	Ficus benjamine "Exotica"		750-2000		Min		≥0.5 E_h		Min	4:1						

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LECTURA Y ESCRITURA											
• Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Lectores electrónicos											
Dispositivos Electrónicos de Tinta	E_h y E_v @altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Facsímil											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digitales	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Trabajo escrito a mano	Basado en caligrafía/impresión manual de regular a buena en papel blanco o canario										
• Lápiz											
• Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Bolígrafo/rodillo/fieltro											
• Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Rojo,verde,azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Microformas (Proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Medios impresos	Papel blanco generado por prensa de impresión digital										
• Fuente de 6 puntos											
• Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Papel y tinta especular	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fuente de 8 y 10 puntos											
• Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Papel y tinta especular.	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Fuente de 12 puntos											
• Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Papel y tinta especular	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantalla y teclado VDT											
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16 / Cualidades de pantalla de computadora CSA/ISO										
• Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.16 / Cualidades de pantalla de computadora CSA/ISO										
• Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pizarra Blanca											
• Analógica o Digital											
• Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.
• Lectura (con el presentador)	Presentador en pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.
• Xerografía	Generado por fotocopiadora e impresora en papel blanco.										
Tipo ≥8 puntos,gráficos comunes	Seleccione progresivamente la siguiente categoría de letra superior de iluminancia para cada disminución de 2 puntos en fuentes/gráficos)										
• Color											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Impresión en escala de grises y/o B+N											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e]						
Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. / Prom.:Min / Max:Min
LECTURA Y ESCRITURA												
• Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT											
• Lectores electrónicos												
Dispositivos Electrónicos de Tinta	E_h y E_v @ altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @ altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
• Facsímil												
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Digitales	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Trabajo escrito a mano	Basado en caligrafía/impresión manual de regular a buena en papel blanco o canario											
• Lápiz												
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	vea Cuadro 12.6
Bolígrafo/rodillo/fieltro												
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Rojo,verde,azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT											
• Microformas (Proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Medios impresos	Papel blanco generado por prensa de impresión digital											
• Fuente de 6 puntos												
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Papel y tinta especular	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Fuente de 8 y 10 puntos												
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Papel y tinta especular.	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Fuente de 12 puntos												
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Papel y tinta especular	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Pantalla y teclado VDT												
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16 / Cualidades de pantalla de computadora CSA/ISO											
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6
• CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.16 / Cualidades de pantalla de computadora CSA/ISO											
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	vea Cuadro 12.6
• Pizarra Blanca												
• Analógica o Digital												
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.	3:1
· Lectura (con el presentador)	Presentador en pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.	3:1
• Xerografía	Generado por fotocopiadora e impresora en papel blanco.											
Tipo ≥8 puntos,gráficos comunes	Seleccione progresivamente la siguiente categoría de letra superior de iluminancia para cada disminución de 2 puntos en fuentes/gráficos)											
· Color												
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
Impresión en escala de grises y/o B+N												
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	vea Cuadro 12.6
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	vea Cuadro 12.6

Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE APOYO	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte ESPACIOS DE APOYO en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.										
• Salas de Descanso/Salas de Almuezo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción de Abrigos o Guardarropa	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas de copia/impresión											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h and E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Armarios eléctricos	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas de Equipos[n]	Eh @3' 0"; Ev @5' AFF. Valores de diseño para condiciones de habitación vacía.	O	100	200	400	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Espacio intersticial[n]	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• El armario del conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Envío											
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/ Acopio	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento											
• Alimento	See FOOD SERVICE										
• Uso frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso poco frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
BAÑOS/SALA DE CASILLEROS	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte BAÑOS/ SALAS DE CASILLEROS en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.										
• Accesorios	Eh @ superior de instalación sanitaria; Ev @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Casilleros	E_h @piso; E_v @caras de casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vanitorios	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.										
• Cajeros Automáticos y Kioscos de Servicios	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Atras de la casa											
• Pasadizos de Adyacencia	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio≥0.3 veces el Ev de la tarea del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras				
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Público											
• Pasadizos de Adyacencia	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio≥0.2 veces el Ev de la tarea del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras				
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores											
• Transporte											
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Límite											
• Exterior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e] — Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	3:1		■	■	■	
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales **SI**.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m . Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE APOYO	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte ESPACIOS DE APOYO en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.																	
• Salas de Descanso/Salas de Almuerzo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Recepción de Abrigos o Guardarropa	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Salas de copia/impresión																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Máquinas	E_h and E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Armarios eléctricos	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Salas de Equipos[a]	Eh @3' 0"; Ev @5' AFF. Valores de diseño para condiciones de habitación vacía.	O	100	200	400	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Espacio intersticial[a]	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		3:1		■			■
• El armario del conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Recepción/Envío																		
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Recepción/ Acopio	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
• Almacenamiento																		
• Alimento	See FOOD SERVICE																	
• Uso frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Uso poco frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■			■
BAÑOS/SALA DE CASILLEROS	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte BAÑOS/ SALAS DE CASILLEROS en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.																	
• Accesorios	Eh @ superior de instalación sanitaria; Ev @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Casilleros	E_h @piso; E_v @caras de casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Vanitorios	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	Aplicaciones y tareas típicas citadas aquí. Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN en el capítulo respectivo para conocer los criterios específicos de la aplicación.																	
• Cajeros Automáticos y Kioscos de Servicios	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■	■	■	
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• Atras de la casa																		
• Pasadizos de Adyacencia	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio≥0.3 veces el Ev de la tarea del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras						2:1		■			■
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Público																		
• Pasadizos de Adyacencia	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo ≥10 lx					Promedio≥0.2veces el Ev de la tarea del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras						3:1		■			■
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Ascensores																		
• Transporte																		
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Límite																		
• Exterior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia **continúa en la página siguiente**

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(Ascensores continuación)										
• Pasajero											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Límite											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Entradas	Ver ENTRADAS DE EDIFICIO										
• Escaleras mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos											
• Circulación, Vestíbulos con Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada										
• General											
• En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe diseñarse para ayudar con la adaptación al pasar hacia/desde el exterior.										
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de lectura/trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vestíbulos de recepción	Como registro de visitantes o conserjería informativa/direccional.										
• Escritorio	La determinación de la edad puede ser tan o más relevante con respecto al huésped o cliente que al personal.										
• Cubierta de escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared								see Table 15.2		
• Salones											
• Clubes y salas de juegos											
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Juegos de mesa	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Juegos de vídeo	E_h @ controles de juego; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Áreas de lectura/trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Áreas sociales/de espera		J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Quioscos de servicio	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Cajeros Automáticos y Kioscos de Servicio										
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Actividad alta [i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					
	4:1					
	4:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 22.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 22.3 Criterios de Iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de objetivos para un proyecto. Ver Tabla 22.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 22.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así también se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura según sea necesario.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones de actividades. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse como 1 fc a 10 lx. A pesar de todo , los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador deba diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con las relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f . Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y el negro indican una alta probabilidad; La gris y blanca indica una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4. Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

j. Consulte la Tabla 26.4: Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.

k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

m. Las elevaciones , E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

n. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia Continuación de la tabla anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(Ascensores continuación)													
• Pasajero														
· Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
· Límite														
· Exterior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
· Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
• Entradas	Ver ENTRADAS DE EDIFICIO													
• Escaleras mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
• Vestíbulos														
• Circulación, Vestíbulos con Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada													
· General														
· En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe diseñarse para ayudar con la adaptación al pasar hacia/desde el exterior.													
· Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1	
· Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1	
· Lejos de las entradas	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1	
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1	
• Áreas de lectura/trabajo	E_h Y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver Cuadro 12.6	
• Vestíbulos de recepción	Como registro de visitantes o conserjería informativa/direccional.													
· Escritorio	La determinación de la edad puede ser tan o más relevante con respecto al huésped o cliente que al personal.													
· Cubierta de escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		4:1	
Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared						see Table 15.2							
• Salones														
• Clubes y salas de juegos														
· General	E_h Y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1	
· Juegos de mesa	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver Cuadro 12.6	
· Juegos de vídeo	E_h @ controles de juego; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.		ver Cuadro 12.6	
• Áreas de lectura/trabajo	E_h Y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver Cuadro 12.6	
• Áreas sociales/de espera		J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1	
• Quioscos de servicio	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Cajeros Automáticos y Kioscos de Servicio													
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada													
• Actividad alta [i]	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Vigilancia en vivo	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Típico	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	

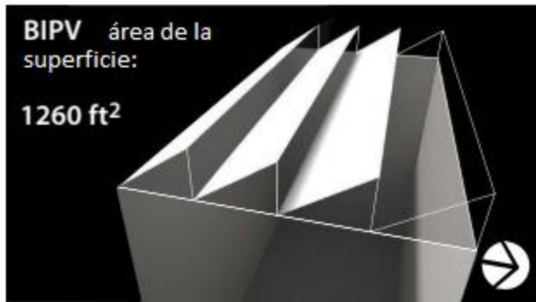






Figura 22.21 Atrios, luz natural y BIPV Generalmente, la transmitancia del acristalamiento en la parte superior de atrios y patios de gran superficie debe ser baja para limitar la incomodidad visual y las cargas de enfriamiento. Los avances en la energía fotovoltaica integrada en edificios (BIPV) ofrecen un medio para limitar la transmisión de esos planos acristalados mientras se genera algo de electricidad. Aquí, se realizó una serie de estudios para evaluar el área de cobertura disponible para los BIPV orientados al sur (que se muestran en blanco) versus la disponibilidad de luz natural. El norte es como se indica. También se debe considerar la sensibilidad de los BIPV y la superficie efectiva. Los vidrios de visión sin BIPV en medios verticales o casi verticales admiten luz del norte. El vidrio Vision sin BIPV en el segmento del tragaluz más al norte permite un efecto de iluminación de pared más fuerte proveniente de la luz del día en la pared norte del atrio. Si se programan plantas para el atrio o el patio, los estudios revelarían la disponibilidad de luz natural a la que se debe adaptar la selección de plantas o producirían diseños de acristalamiento para satisfacer las necesidades de las plantas seleccionadas.

» Imágenes ©GSLD

Las entradas sin marquesinas deben estar iluminadas para anunciar el umbral de entrada adecuado. Una parte del camino, generalmente hasta la acera, está iluminada en menor grado por motivos de eficiencia y para minimizar los efectos nocivos en el ambiente nocturno y al mismo tiempo cumplir con los requisitos de visión para el movimiento, pero no a los niveles que se encuentran debajo de las marquesinas de las puertas de los coches. Si el camino tiene una longitud superior a quizás 50 pies, no es necesario iluminar toda su longitud según los criterios citados desde el camino hasta la acera. Se debe iluminar una sección de 10 pies del camino más cercana a la entrada y una sección de 10 pies más cercana a la acera para cumplir con los criterios citados. Para el control de la iluminación en LZO, es apropiado el control por sensor de movimiento. Esto limita la selección de lámparas a variedades de encendido total instantáneo. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y cuyos requisitos y diseño deben coordinarse entre el equipo de diseño. Las entradas con marquesina son una extensión del edificio, muy parecida a un porche (ver Figura 22.3). Para áreas cubiertas donde se

espera alguna conversación y reconocimiento y para una multitud más grande de personas, son apropiadas iluminancias algo más altas que las de los caminos de entrada abiertos. Las Puertas de Coche, por su naturaleza, implican una combinación de tráfico vehicular y peatonal. En estas situaciones, son apropiadas iluminancias aún mayores. Los niveles de actividad nocturna al aire libre varían según el tipo de instalación, como oficina, escuela y hotel, y según horarios específicos. Por ejemplo, la actividad en la oficina puede ser bastante baja después de las 6 p.m. Las escuelas pueden tener una alta actividad, pero sólo por períodos cortos a medida que finalizan las actividades extracurriculares, deportivas, sociales u otros eventos. Los hoteles pueden experimentar un ruido constante de actividad, con ráfagas durante la cena, después de los espectáculos o en eventos particulares. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar diversos escenarios en distintas noches mediante intervención manual, reloj automático y funciones de fotocélula. La tabla 22.4 distingue los distintos niveles de actividad interior y exterior nocturna. El diseñador debe coordinarse con el equipo y el cliente para establecer el nivel o niveles de actividad adecuados a un proyecto determinado. Cuando se prevé que los niveles de actividad serán muy diferentes o cambiantes a lo largo de las horas de operación, puede ser más apropiado diseñar para una serie de niveles de actividad en lugar de diseñar para los niveles de actividad más altos previstos en todo momento. Luego se pueden acomodar varios niveles de actividad con controles y el uso de entradas de reloj o sensores de ocupación. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación o que el equipo y el cliente eligen diseñar afecta los criterios de iluminancia para las tareas al aire libre. Las designaciones de zonas de iluminación exterior nocturna varían según las ordenanzas locales, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar del equipo. Estos se analizan en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Véase también la Tabla 15.6 | Estrategias operativas nocturnas para mejorar el respeto al medio ambiente al aire libre.

Los requisitos de seguridad fuera del horario laboral, como el monitoreo remoto o en el sitio, y la iluminación en áreas vulnerables o salidas las 24 horas, pueden requerir que algunas luces en las entradas del edificio estén disponibles cuando se acerquen (por ejemplo, a través de sensores de ocupación) o permanezcan energizadas a través de la noche (ver Figura 22.4). Las zonas de control y las funciones del reloj deben diseñarse en consecuencia. Cuando el monitoreo remoto se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede ser innecesaria para las cámaras, aunque algo de luz puede ser reconfortante para los peatones y disuasivo para los delincuentes. La iluminación exterior, independientemente de la iluminancia, no necesariamente reducirá o eliminará la delincuencia [2]. Cuando se introduce una iluminación que responde a criterios normales como medio para promover la actividad pública nocturna, podría funcionar como un posible elemento disuasivo de la actividad delictiva y proporcionar a los peatones una sensación de seguridad (y una sensación de protección). Las lámparas con CRI >80 ayudan a las personas a identificar y distinguir mejor los colores. También es importante que la iluminación esté adaptada a la zona de iluminación exterior nocturna para evitar problemas de adaptación. Abordar el CRI, las zonas de iluminación exterior nocturna y los criterios normales permite a los usuarios ver e identificar los alrededores y los posibles perpetradores. Es esta identificación la que sirve para disuadir indirectamente la actividad criminal. Los perpetradores aprenderán que el riesgo de exposición e identificación es mayor en áreas tan bien diseñadas. Añadir proyectores de gran potencia y gran superficie y triplicar o cuadruplicar las iluminancias suele ser contraproducente. Cuando se considere necesaria iluminación adicional en las entradas o áreas públicas peatonales para fines de vigilancia de seguridad, esta debe ser equipo de potencia relativamente baja que dirija la luz hacia abajo y a través del área limitada de cobertura y aporte un promedio de 10 lx, 25 lx y 50 Ix. en el plano del suelo, respectivamente, en áreas rurales, suburbanas y urbanas [3]. Ver Figura 22.4. Las entradas al edificio también incluyen un componente interior. Estos espacios, denominados aquí vestíbulos, se encuentran inmediatamente dentro del umbral de entrada. Estos espacios brindan refugio inmediato, un lugar para recomponerse y, en general, una transición del exterior al interior y viceversa. Los criterios de iluminancia varían del día a la noche para ayudar con la adaptación de la luminancia, particularmente en lo que se refiere al día del exterior al interior. Estos espacios también pueden ser vestíbulos y deben diseñarse de acuerdo con los criterios descritos para ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos en la Tabla 22.2.

Cuadro 22.3 | Conversiones Dimensionales SI

US Acostumbrada	SI
General	**Conversión Tosca**
Pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
Pies	m [pies X 0.3]
Específica	Conversiones Convenientes [a]
2'	610 mm ó 0.6 m
2' 6"	760 mm ó 0.75 m
3'	915 mm ó 0.9 m
3' 6"	1065 mm ó 1.1 m
4'	1220 mm ó 1.2 m
5'	1525 mm ó 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

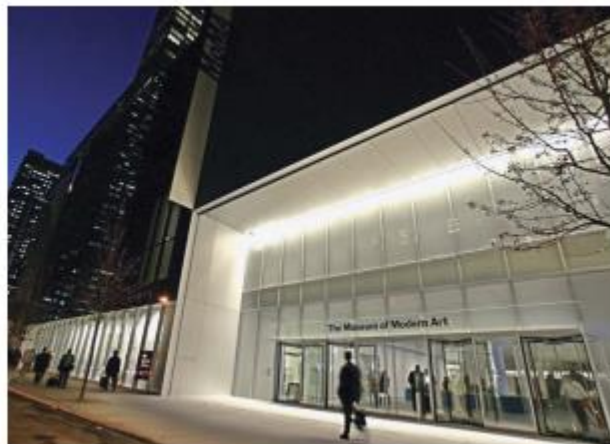


FIGURA 22.3 | ENTRADAS AL EDIFICIO

Esta entrada protegida o con dosel se crea por atrás. La iluminación define claramente y se limita a la entrada. La iluminación vertical de las caras procedente de lámparas de alto CRI permite al personal de vigilancia y a otros peatones ver las expresiones faciales y determinar los estilos y colores de la ropa.

» Imagen ©Peter Foley/epa/Corbis

22.2.5 CONFERENCIAS

Las conferencias abarcan desde una funcionalidad muy simple con un solo propósito (por ejemplo, reunirse para discutir) hasta tareas bastante complejas de propósitos múltiples (por ejemplo, reunirse para discutir, presentar, elaborar estrategias y aprender, o realizar videoconferencias con otros). La iluminación se ve influenciada en consecuencia y también por la formalidad del entorno. Cuando las presentaciones son comunes, como una sala de juntas o una sala de reuniones, y donde los participantes pueden ser dos docenas, la iluminación debe ayudar a definir los aspectos formales y de procedimiento de la reunión. Es apropiado enfatizar las posiciones del presentador. Algunas configuraciones de conferencias logran un equilibrio. En estas situaciones, las presentaciones son comunes, pero están pensadas como una situación de aprendizaje en grupo para pensar y discutir. Aquí, aunque las superficies de presentación todavía están acentuadas, es posible que los presentadores no estén iluminados. En espacios más grandes, se utilizan ajustes preestablecidos de iluminación para responder a la configuración y funciones de la habitación. La figura 22.5 ilustra una configuración de conferencia común. Véanse también las Figuras 15.5d, 15.16, 32.3, 32.4 y 32.5.

Los criterios de videoconferencia están directamente relacionados con la tecnología de la cámara y las expectativas del usuario. Las iluminancias verticales y los criterios de uniformidad en las caras y superficies de las paredes de fondo son los más importantes. Coordine los criterios de iluminancia con los últimos requisitos de las cámaras. La telepresencia es una variación de la videoconferencia. Las configuraciones portátiles de cámara y monitor todo en uno, desde uno hasta varios monitores, ofrecen videoconferencias en entornos no dedicados. Se deben utilizar controles preestablecidos para alternar de manera conveniente y consistente entre las funciones de conferencia típicas y la videoconferencia.

22.2.6 SERVICIO DE ALIMENTOS

La iluminación para el servicio de alimentos aborda la situación del comedor. La comida rápida y la comida para llevar generalmente se iluminan para marcar el comienzo de la decisión y la experiencia. Las cenas informales y las cenas elegantes tienen más que ver con la comida, el servicio y el entorno, lo que hace que la experiencia sea al menos placentera, si no memorable. La iluminación acentuada es apropiada en muchas situaciones de comedor y las pautas de criterios se ofrecen en la Tabla 22.2. Las figuras 12.12, 28.7, 28.8 y 32.6 ilustran varias situaciones de comedor y bar.

A veces, las designaciones de los planos no son del todo descriptivas. Por ejemplo, si el comedor o cantina (una convención más reciente sobre planos arquitectónicos que designa una cafetería) está destinado a ser un espacio grande que atiende a empleados y clientes (visitantes), entonces se deben estudiar las citaciones bajo SERVICIO DE ALIMENTOS.

La iluminación del servicio de alimentos se puede clasificar en preparación y manipulación de alimentos, consumo de alimentos y limpieza. La preparación de alimentos comerciales e institucionales debe cumplir con los requisitos del Código Alimentario de la FDA de EE. UU. en cuanto a iluminancia mínima, que se basan en las pautas de IES [4]. Estos criterios de iluminancia abordan la seguridad de quienes manipulan y preparan los alimentos y la seguridad de los alimentos para el consumo, lo que implica la inspección y limpieza de los productos e instalaciones alimentarios. Aparentemente, debido a la métrica, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. De todos modos, un diseño de iluminación debe cumplir con el código.

Cuadro 22.4 | Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna

Nivel de Actividad	Definición	Ejemplos de Aplicación
Interior • Alta	**Niveles de actividad en interiores durante el día o la noche.** Áreas con volúmenes de actividad relativamente altos. El nivel de actividad es relativo a la población de una instalación, la densidad prevista y la proximidad a otras aplicaciones. Se caracteriza por volúmenes consistentemente altos de personas o cambios extremos de volúmenes muy altos durante períodos de tiempo cortos. Instalaciones interiores propias de grandes núcleos de población.	• Escaleras durante los cambios de clase en instalaciones educativas • Piscinas cubiertas en hoteles familiares, parques acuáticos y centros recreativos comunitarios • Centro comercial urbano, recinto deportivo de las principales ligas y grandes vestíbulos de entrada al transporte
• Media	Zonas con volúmenes de actividad relativamente moderados. El nivel de actividad es relativo a la población de una instalación, la densidad prevista y la proximidad a otras aplicaciones. Se caracteriza por cierta cantidad de actividad constante por parte de las personas durante períodos prolongados o aumentos de actividad de vez en cuando. Instalaciones interiores típicas de centros de población pequeños a moderados.	• Piscinas cubiertas en hoteles de negocios y gimnasios • Vestíbulos de entrada a edificios cívicos, centros comerciales y recintos deportivos de ligas menores
• Baja	Áreas con volúmenes de actividad relativamente bajos a muy bajos. El nivel de actividad es relativo a la población de una instalación, la densidad prevista y la proximidad a otras aplicaciones. Se caracteriza por poca actividad de las personas durante períodos prolongados o grupos de actividad de vez en cuando. Instalaciones interiores propias de núcleos de población suburbanos y rurales.	• Piscinas cubiertas en complejos turísticos o spas • Vestíbulos de entrada a edificios cívicos
Exterior • Alta	**Niveles de actividad al exterior durante las horas nocturnas** Áreas con volúmenes relativamente altos de peatones y vehículos o únicamente personas durante las horas de oscuridad. El nivel de actividad es relativo a la población de una localidad, la densidad de aplicaciones relacionadas y las normas generales esperadas en toda la comunidad. Se caracteriza por volúmenes consistentemente altos o oscilaciones extremas de volúmenes muy altos durante períodos de tiempo cortos. Instalaciones exteriores propias de grandes núcleos de población.	• Distritos de entretenimiento • Piscinas al aire libre en hoteles familiares y centros recreativos comunitarios • Distritos comerciales y recintos deportivos • Centros de transporte • Campus universitarios
• Media	Áreas con volúmenes relativamente moderados de peatones y vehículos o únicamente de personas durante las horas de oscuridad. El nivel de actividad es relativo a la población de una localidad, la densidad de aplicaciones relacionadas y las normas generales esperadas en toda la comunidad. Se caracteriza por cierta cantidad de actividad constante durante períodos prolongados. Instalaciones al aire libre típicas de centros de población pequeños a moderados.	• Distritos cívicos y culturales • Campus universitarios • Bibliotecas • Complejos de oficinas • Piscinas al aire libre en hoteles de negocios y centros recreativos comunitarios • Centros recreativos • Complejos residenciales • Pequeñas áreas o centros comerciales • Líneas de transporte público • Parques urbanos centrales y frente al mar
• Baja	Áreas con volúmenes relativamente bajos a muy bajos de peatones y vehículos o únicamente personas durante las horas de oscuridad. El nivel de actividad es relativo a la población de una localidad, la densidad de aplicaciones relacionadas y las normas generales esperadas en toda la comunidad. Se caracteriza por poca actividad durante períodos prolongados. Instalaciones exteriores propias de núcleos de población suburbanos y rurales.	• Piscinas al aire libre en complejos turísticos y spas • Barrios residenciales • Pequeños apartamentos • Pequeños campus universitarios • Pequeños establecimientos comerciales

Para evitar la contaminación de los alimentos por fallas violentas de las lámparas, las lámparas utilizadas sobre las áreas de preparación de alimentos deben protegerse adecuadamente o usarse en luminarias cerradas. Las nuevas tecnologías, incluidas las LED y OLED, no han sido examinadas por fallas violentas. Consulte con las autoridades competentes y los fabricantes de lámparas y luminarias para determinar su idoneidad y aplicación.

22.2.7 IT (TI)

La iluminación para instalaciones de tecnología de la información (IT)(TI) generalmente se dirige a áreas administrativas, áreas de máquinas o equipos y áreas de almacenamiento de medios. Las funciones administrativas pueden incluir un uso significativo, si no dedicado e intensivo, de la computadora. En consecuencia, se deben establecer criterios y soluciones. En las áreas de almacenamiento y en las salas de equipos, la luz general difusa puede ser apropiada dada la naturaleza del almacenamiento y las configuraciones del equipo. Sin embargo, esto debe revisarse cuidadosamente en la programación, ya que las configuraciones de almacenamiento pueden incluir estanterías tipo biblioteca muy espaciadas y el equipo puede incluir estantes altos y continuos también muy espaciados, donde un haz de luz dirigido es más efectivo (consulte la Figura 22.6). La iluminación de doble nivel también puede ser apropiada en estas áreas para permitir la revisión periódica de las lecturas retroiluminadas o, alternativamente, trabajos de mantenimiento.



FIGURA 22.4 | ILUMINACIÓN DE SEGURIDAD

Los muelles de servicio y un pasillo de acceso están iluminados con soportes de pared con corte CFL de 26 W. Este enfoque es visualmente cómodo, discreto para las propiedades vecinas y relativamente uniforme en la aplicación de iluminancia horizontal y vertical en las proximidades de uso.

» Imagen ©Christopher Lark

22.2.8 ESTACIONAMIENTO

La iluminación de las instalaciones de estacionamiento se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

22.2.9 VÍAS PEATONALES

La iluminación de las vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

22.2.10 PLANTAS

Cuando se programan plantas vivas, los criterios de iluminancia se basan en los tipos de plantas, sus tamaños y el objetivo de mantener o sustentar las plantas. Los criterios se basan en un ciclo de exposición de 14 horas en cada período de 24 horas. La exposición a casi cualquier fuente de luz blanca será suficiente. La iluminación natural es mejor para la eficiencia

y la calidad espectral. Se recomienda consultar con un horticultor o arquitecto paisajista para establecer criterios de iluminancia y requisitos espectrales para el crecimiento de las plantas.

22.2.11 LECTURA Y ESCRITURA

Las tareas de lectura y escritura ocurren dentro de varias aplicaciones. La familiaridad con estas tareas ayudará con la evaluación de tareas y actividades de aplicaciones específicas. Esto puede resultar en la recomendación de criterios de iluminancia diferentes a los propuestos en la Tabla 22.2 para una aplicación particular. Por ejemplo, si los vestíbulos de recepción en varios pisos de un edificio comercial son más que estaciones de monitoreo de seguridad e implican períodos prolongados de lectura y escritura de documentos, entonces los criterios de iluminancia deben determinarse a partir de las aplicaciones y tareas de LECTURA Y ESCRITURA y no de los ESPACIOS DE TRANSICIÓN/ Vestíbulos/Lobbies de recepción/Aplicación/tarea de escritorio.

22.2.12 ESPACIOS DE SOPORTE

Los espacios de soporte típicos se citan en la Tabla 22.2. Algunas aplicaciones pueden tener espacios de soporte únicos o criterios de iluminancia propios de esa aplicación; estos se describen en los capítulos de aplicación respectivos. Los espacios familiares de apoyo en la parte trasera de la casa son los armarios de los conserjes y las salas de almacenamiento. La iluminación debe ser básica y funcional. Sin embargo, se debe considerar la necesidad de proteger la lámpara para evitar lo obvio. Además de las lentes, los protectores de alambre o los manguitos de lámpara o las lámparas con sobres de contención sellados integrales son métodos para proteger la lámpara. Las salas de descanso o almuerzo y las salas de copia e impresión pueden necesitar atención en el diseño. Las salas de descanso y almuerzo son esencialmente comodidades para los empleados. La forma en que se aplica la iluminación, no su costo, puede mejorar significativamente la experiencia de un descanso. Ver Figura 15.12.



FIGURA 22.5 | CONFERENCIAS

Las conferencias pueden incluir presentaciones en computadoras portátiles (que se muestran en pantallas más grandes), pizarras blancas, superficies de presentación en tableros con tachuelas y tareas de lectura y escritura en papel. Para adaptarse a las diferentes tareas y enfoques, la iluminación puede incluir sistemas de iluminación de tareas, ambientales y de acento. Se consideró que las luminarias colgantes lineales directas/indirectas eran las más eficientes para la iluminación ambiental y de tareas. El componente indirecto proporciona una luz ambiental general o de fondo a toda la estancia. El componente directo proporciona luz adicional en la mesa para acomodar las tareas de lectura y escritura. La iluminación directa/indirecta también proporciona una iluminación vertical lo suficientemente suave para iluminar los rostros y, al mismo tiempo, lo suficientemente directa como para evitar una decoloración borrosa. Las luminarias colgantes lineales son regulables para permitir centrarse en las superficies de presentación que a su vez están iluminadas con luminarias decorativas empotradas ajustables.

Las escenas preestablecidas en esta situación se organizan en torno a actividades como BIENVENIDA, COLABORACIÓN, EXHIBICIÓN y PASIVA. La escena de BIENVENIDA tiene salidas de luminarias ajustadas a un nivel medio de luz disponible para acomodar las discusiones previas a la reunión. La escena COLABORACIÓN tiene salidas ajustadas al nivel completo para adaptarse a la colaboración con tareas analógicas y digitales. La escena PANTALLA tiene salidas ajustadas al nivel de atenuación para acomodar la visualización de video o el intercambio de información de proyección. La escena PASIVA actúa como marcador de posición antes o entre reuniones donde se encienden las luces nocturnas LED de color ámbar. Un reloj automático está programado para apagar las luces fuera de horario. » Imagen ©Workspring

22.2.13 BAÑOS/VESTUARIOS

La mejor manera de abordar los baños es resaltar áreas de tareas específicas. Esto ofrece eficiencia cumpliendo con los diferentes criterios de iluminancia involucrados. Destacar los inodoros, urinarios y tocadores ofrece una apariencia más limpia y nítida que la neblina de la iluminación difusa general. Las posiciones de tocador requieren iluminación vertical en un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros de pie o sentados) frente al espejo. La figura 22.7 identifica varios métodos de iluminación de tocador. El color de la luz es importante para el aseo. Son apropiadas las lámparas que exhiben CCT de 2700 K a 3500 K y CRI >82, utilizando CFL de trifósforo como punto de referencia.

22.2.14 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

Los espacios de transición típicos se citan en la Tabla 22.2. Cada aplicación puede tener espacios de transición únicos o criterios para espacios de transición peculiares de esa aplicación; estos se describen en los respectivos capítulos de la aplicación. La forma en que se diseñan e iluminan los espacios de transición del frente de la casa en muchas aplicaciones define el lugar y da la bienvenida a los empleados e invitados. Estos espacios son transiciones del exterior al interior y viceversa o de un tipo de espacio interior a otro. Los criterios y acentos de iluminancia son un aspecto importante para realizar transiciones cómodas y seguras. Muchos de los espacios públicos pueden ser de una secuencia particular de paso, de naturaleza ceremonial o de especial importancia. Para desempeñar adecuadamente estos roles, las impresiones subjetivas descritas en la Tabla 12.2 deben guiar la aplicación de efectos de iluminación. Las iluminancias asociadas con las obras de arte y las características que ayudan con estas impresiones subjetivas se describen en la Tabla 22.2. A lo largo de los distintos capítulos de aplicación se presentan ejemplos de algunos espacios de transición. Los pasillos de adyacencia se refieren a una condición en la que las áreas de circulación están rodeadas por áreas de trabajo o tareas más grandes. Dada su adyacencia a las áreas de trabajo o tareas abiertas y visualmente accesibles, sus iluminancias, confinadas al pasillo propiamente dicho, deben ser proporciones de las iluminancias de tareas cercanas. De esta forma se evitan molestos contrastes dentro del entorno laboral que pueden provocar fatiga o malestar visual. Para fines de coherencia visual y

conveniencia de mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.

22.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando están completamente implementados, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Cortocircuitar la selección de criterios o el diseño con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas del peor de los casos seguramente resultará en insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, un resultado probable es no aprovechar al máximo la energía gastada o, peor aún, desperdiciar energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios temas descritos en la Tabla 22.2.

22.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 22.2 y pueden justificar criterios de iluminancia diferentes. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para tipos de espacios o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica falla, revisar la lista en la Tabla 22.2 puede ser para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de determinación de iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones de desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

22.3.2 NOTAS

Las notas en la Tabla 22.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica algún grado de aclaración, se toman notas.



FIGURA 22.6 | SALA DE SERVIDORES

Las luminarias difusas generales colocadas perpendicularmente a los estantes de servidores proporcionan algo de luz ambiental. Los bañadores de pared fluorescentes lineales o las luces de señalización que se extienden a lo largo de los bastidores de servidores proporcionan iluminación para las tareas.

» Imagen ©Helen King/Corbis

22.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea bajo consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y ver 10.7.1 Factores de pérdida de luz. Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en el que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia según los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A efectos de sostenibilidad, ya no se puede presumir que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica recomendada para el mantenimiento planificado de iluminación interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se aplaza o se practica mal o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede resultar inseguro y afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70 % o tal vez incluso tan baja como el 50 % de la vida útil nominal de su calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Vida útil y mantenimiento de lúmenes.

Los objetivos citados son consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la Tabla 22.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical para iluminar pizarras blancas, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las proximidades o de cualquier iluminancia que resulte de alcanzar la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito. En algunas situaciones, no se prevé ninguna luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o que se recomienda cero luz para la tarea o aplicación.







FIGURA 22.7 | TOCADORES

La iluminación frontal en las caras es fundamental en los tocadores. Cumplir con los criterios de iluminancia requiere cierta cantidad de iluminación frontal desde el espejo hacia la cara, pero más bien suave para evitar condiciones de deslumbramiento. En la imagen superior, los apliques de pared entre los espejos están iluminados con lámparas CFL de 13 W. Una ranura en la pared superior proporciona un ambiente general a la habitación y también contribuye a la iluminancia del plano frontal. Una ranura en la pared opuesta ilumina las áreas del inodoro y del urinario y proporciona cierta iluminación de fondo. En la imagen del medio, los colgantes esféricos iluminados con CFL de 13 W junto al espejo proporcionan un brillo ambiental y suficiente luz en la cara. Los bañadores de pared frente al espejo proporcionan algo de retroiluminación para arreglarse y están estratégicamente colocados para resaltar el arte. La iluminación integrada en el espejo en la imagen inferior se logra con lámparas lineales T5 (que pueden ser regulables) detrás de un vidrio grabado y se adquieren como una unidad completa. » Imagen superior ©GSLD » Imagen central ©Far Photography » Imagen inferior ©Kevin Beswick, www.ppt-photo-graphics.com

22.3.3.1 PLANOS DE DESTINO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea aproximadamente en una orientación horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar en consecuencia el objetivo de iluminancia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea deba aplicarse a un plano diferente. Por ejemplo, si la clasificación de correo implica principalmente ranuras o cajas de correo apiladas verticalmente y clasificadas en posición vertical, entonces el objetivo de iluminancia citado en la Tabla 22.2 (ADMINISTRACIÓN/Clasificación de correo), que es para una orientación horizontal dominante, se debe aplicar al Plano vertical de los buzones de correo. Se espera que casi todas las tareas tengan tanto un componente de iluminancia horizontal (Eh) como un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a diversos aspectos de la tarea. Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en "Notas". Por ejemplo, para la mayoría de los corredores (ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de circulación), las iluminancias horizontales se aplican al plano del piso, mientras que las iluminancias verticales se aplican a la altura del plano de la cara de pie de 5' AFF orientada en los dos sentidos principales de viaje. En aplicaciones donde la mayoría de los usuarios son niños o adultos en silla de ruedas, el diseñador puede optar por establecer la elevación para la iluminancia vertical en 3' AFF. Tenga en cuenta la implicación para las edades visuales de los observadores. Es necesario establecer y seguir las orientaciones de las tareas y abordar la iluminancia tanto horizontal como vertical. Si las orientaciones del proyecto bajo consideración están programadas para invertirse de lo que podría considerarse visualización normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje horizontal o vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces se deben aplicar los criterios de iluminancia a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de luminarias y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo. Para planos relacionados con objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas orientaciones en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían orientarse en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación. Por ejemplo, en una cocina comercial, Ev en las superficies de preparación (SERVICIO DE ALIMENTOS/Cocinas/Preparación de alimentos), el número y la orientación de los puntos planos verticales evaluados depende de la superficie de preparación. En un mostrador contra una pared de altura completa, los planos verticales de mayor interés son el que mira al preparador y los dos planos perpendiculares al preparador (uno orientado hacia la derecha y otro hacia la izquierda). Los criterios se aplican a estos tres planos. En una isla o península que se puede utilizar desde más de un lado, existen cuatro planos de interés.

22.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto deberá resolverse durante la programación con el cliente. Se podrá determinar que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto del que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede resultar en iluminación excesiva, insuficiente, intensa, desagrado o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como en las videoconferencias, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la cámara y, por lo tanto, no está ligada a la edad de los observadores.

22.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Se muestran en la Tabla 22.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas de un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

22.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y que se supervisan de cerca los criterios de uniformidad. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento objetivo, se cita "Promedio". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es “Min” o “Max” respectivamente. El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas en un Área Grande. En cualquier caso, una vez establecidos los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Una asignación de ingeniería estándar de ±10 % podría ser aceptable para objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de Resultados Calculados.

22.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan junto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todo lo cual debe abordarse como parte del diseño para evitar molestias, deslumbramientos y tensiones visuales. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una serie de puntos y el valor mínimo en la misma serie de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican a las iluminancias tanto horizontales como verticales en el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos proporciones con el primer valor de iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, especialmente en las relativas a las iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna. Generalmente, cuanto más importantes son la velocidad y la precisión y cuanto más exigente es la tarea visual, más ajustada es la proporción.

22.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

22.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de las condiciones promedio es perceptible y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

22.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

22.3.5 VENTAJA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben abarcar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz diurna. Se prefiere que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada, suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y regulación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas del día. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

IESH/10e CSA/ISO

> *12.5 Factores de tarea*

• *para obtener información sobre las cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO*

22.3.6 REFLEJOS TIPO VELO

Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante o, peor aún, ambos, son propensas a velar reflejos. La probabilidad de que determinadas aplicaciones y tareas predispongan a velar los reflejos se indica mediante un icono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad general y la dirección de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos velados pueden filtrarse o aislarse. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta, suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones Predeterminadas de Luminancia e Intensidad de Luminaria para Aplicaciones de VDT) para minimizar los reflejos velados. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos velados, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

22.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones específicas del proyecto. Un área de cobertura es la "tarea propiamente dicha o área de tareas". Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea misma o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de cobertura de tareas. En algunas situaciones, como la acentuación, el área de "tarea" puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar la "pared característica" o el "perímetro". Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea puede ser lograda con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tareas y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o en el área de la tarea cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 22.2. Otra área de cobertura es "habitación o área designada". En esta situación, los criterios de iluminancia

se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada normalmente está establecida por la distribución de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 22.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de "tarea propiamente dicha o área de tarea" daría como resultado cierta reducción de LPD en comparación con la cobertura de "habitación o área designada". Si la tarea puede limitarse a un área en lugar de múltiples áreas, si la habitación o área en la que se ubica la tarea es en sí misma relativamente pequeña, como una oficina de un solo ocupante, y si los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | Si se abordan los COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación de un proyecto en particular.

22.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para aplicaciones comunes y debe usarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Es posible que las estrategias de selección y ubicación de equipos deban abordar la posibilidad de abuso de equipos de iluminación en algunas situaciones. Para aplicaciones en exteriores, las lámparas, balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas sostenibles y de eficiencia energética son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave del diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores previstos para utilizar el proyecto

• usar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielosrrasos, paredes y pisos, respectivamente) en producción interior y espacios orientados al trabajo

• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• usar lámparas de la más alta eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• usar luminarias de la más alta eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• usar acentos para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan sólo con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar exteriores necesidades ambientales

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hay, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todos los códigos, energía y sostenibilidad - y cumplimiento de los criterios IES

• documentar los criterios y las desviaciones y fundamentos del diseño y la posterior disposición por parte del equipo, cliente o autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas

Recursos económicos de lESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | CIENCIAS ECONÓMICAS

• para obtener más información sobre la estimación de costos

• para obtener más información sobre los costos del ciclo de vida

• para más información sobre amortizaciones y tasas de rendimiento

IESH/10e Recursos de Eficiencia Energética

> 17.2 Nueva Construcción

• para obtener más información sobre el diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y estándares de iluminación.

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para más información sobre las regulaciones de equipos

Recursos de IESH/10e Lighting para Exteriores

> 12.5.5.6 Iluminaciones exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en condiciones mesópicas de adaptación

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre los criterios

Recursos de sostenibilidad de lESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre los controles

• para obtener más recursos sobre la tierra

• para más información sobre energía

• para obtener más información sobre los análisis del ciclo de vida

• *para más información sobre el diseño de iluminación*

• *para más información sobre el reciclaje*

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio primordial del diseño y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró en ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe realizarse con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. El presupuesto debe incluir aportes del diseñador y diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, efectivamente, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

22.5 REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 14,10, 3.

[2] Boyce PR. 2003. Human factors in lighting. 2nd edition. London: Taylor & Francis. p 425-427.

[3] Boyce PR. 2003. Human factors in lighting. 2nd edition. London: Taylor & Francis. p 413.

[4] [USDA] US Food and Drug Administration, Public Health Service. 2009. Food Code FDA. College Park, MD: United States Department of Health and Human Services, 2009. p 176 and 295.


Photography ©Brad Feinknopf 2004

23 / ILUMINACIÓN PARA TRIBUNALES Y CENTROS CORRECCIONALES

El lugar de la justicia es un lugar sagrado. Francis Bacon, jurista, abogado, estadista, científico y filósofo inglés de los siglos XVI y XVII

CONTENIDO

Los edificios en los que se imparte y sirve justicia requieren una iluminación que apoye las tareas en asuntos que a veces son de las más graves consecuencias. Ver pruebas, considerar a los compañeros deliberantes, mantener la seguridad y proteger a los encarcelados son todas funciones importantes respaldadas por la iluminación. Pero el estado de derecho y la dignidad de los edificios en los que funciona la justicia también es una cuestión de percepción, y la iluminación puede dotar a una instalación del carácter que se requiere en espacios tan importantes.

Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para tribunales e instalaciones correccionales que deberían influir en las selecciones ópticas de luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas de diseño (consulte 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES sirven como fuentes de referencia de archivo [1]. Se debe pensar deliberadamente en detalles más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, con INSTALACIONES CORRECCIONALES/Pasillos de Circulación, las citaciones de iluminancia no necesariamente satisfacen los requisitos de cantidad y distribución para cámaras de seguridad. El diseñador debe conocer los requisitos del equipo de seguridad que se utiliza. Estos detalles específicos no se enumeran para las tareas. La Tabla 23.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación de IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación interior y exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios de IES y reemplazarlos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

23.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto. Esto establecerá en qué medida la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen diferentes oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe considerar la luz natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la luz natural puede ser la fuente de luz principal. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz del día exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

23.2 TIPOS DE APLICACIONES

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y operación, se realiza un inventario de los tipos de espacio de los tribunales e instalaciones correccionales bajo consideración y los ocupantes, funciones y tareas previstas (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Criterios Específicos). Ejemplos y tabla 12.3 | Muestra de Encuesta de Tareas Visuales). De lo contrario, la iluminación no podrá adaptarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones del tipo de espacio se requieren al principio del diseño del proyecto para poder realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de iluminación, potencia y energía. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, así como los números para el seguimiento, deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 23.2 | Las recomendaciones de iluminación de tribunales e instalaciones correccionales deben revisarse con los conocimientos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos y funciones de espacio nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaración con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 23.2.

En muchas situaciones en los tribunales y centros penitenciarios, la seguridad es una parte inherente de la tarea: proteger a los detenidos y prisioneros para evitar su fuga o acciones destructivas contra la propiedad, ellos mismos o los demás; proteger contra daños al personal clave de los tribunales y centros penitenciarios. La iluminación desempeña un papel importante, pero sólo como parte de un programa de seguridad mucho más amplio para que sea eficaz. Los propios accesorios de iluminación deben considerarse un objetivo de comportamiento destructivo en algunas de estas situaciones. El diseñador debe revisar la información de programación y consultar con el equipo y el propietario para establecer el alcance total de los problemas de seguridad que afectan la iluminación.

La siguiente discusión se centra en los principales títulos de aplicaciones de la Tabla 23.2. Combine esto con los temas de la Tabla 23.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos completos.

Cuadro 23.1 Lista de chequeo de la Iluminación para Cortes e instalaciones Correccionales

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 23.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Medioambiente Externo Nocturno
Cuadro 15.6 | Estrategias operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medio Ambiente al Aire Libre
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 23.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 23.2
Este Capítulo: Cuadro 23.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

23.2.1 ACENTUAR

Acentuar afecta las percepciones de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual, la inspección y la orientación. Acentuar realza las formas espaciales arquitectónicas y los límites e impresiones de volumen espacial. Véanse las Tablas 12.1a, 12.1b y 12.2. Acentuar puede hacer que los espacios parezcan menos institucionales. En la Figura 23.1 se ilustran varias técnicas de acentuación del perímetro.

23.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación de las áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de las tareas variarán según los tribunales y las instalaciones correccionales involucradas. En algunos proyectos, estos detalles deberían afectar el diseño de iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación, pasando por las luminancias y las iluminancias. En otros proyectos, en particular prisiones más seguras, los requisitos sencillos de seguridad y abuso anularán algunos efectos de iluminación y aspectos de estilo del equipo. Las áreas administrativas generalmente se consolidan en una sola área, ala o edificio de tribunales e instalaciones correccionales. Varios aspectos pueden afectar el grado en que el diseño de iluminación en el área administrativa simpatiza o difiere del de otras aplicaciones y tareas en la instalación en cuestión:

• Deseos del propietario y deseos arquitectónicos

• Conexión visual entre las áreas administrativas y otras áreas de la instalación

• Estilo de gestión

Ver también 32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS



FIGURA 23.1 | ILUMINACIÓN DE LA CORTE

La parte superior izquierda es la vista desde el estrado del juez. La vista inferior izquierda es desde el área de asientos del público. La vista derecha es un detalle del muro de piedra detrás del banco del juez. El acento perimetral contribuye a que esta sala sea agradable y espaciosa. La luz reflejada difusa del acento de la pared y la cala contribuye en gran medida a las iluminaciones verticales que ayudan en el modelado facial. La iluminación descendente contribuye a la claridad visual y a la iluminancia horizontal para tareas de lectura y escritura. La iluminación ambiental consiste en la iluminación de cala ❶ que utiliza un reflector asimétrico alojado en un detalle de paneles de yeso. El reflector asimétrico está iluminado con lámparas fluorescentes lineales de salida estándar T5 que exhiben 3000 K CCT y 85 CRI. La iluminación de tareas consta de iluminación hacia abajo ❷ que son reflectores abiertos y están iluminados con CFL de triple tubo de 32 W que exhiben 3000 K CCT y 82 CRI. La acentuación consta de un enfoque: iluminación perimetral. Esto se consigue con dos técnicas. A lo largo de dos paredes laterales se utilizan bañadores de pared con lente extendida ❸, equipados con lámparas CFL de triple tubo de 32 W. Un detalle de ranura de pared lineal ❹ roza la pared de piedra detrás del banco que también se muestra en la imagen de detalle a la derecha. El walllot es un detalle de paneles de yeso que consta de monopuntos en centros de 15". Los monopuntos están iluminados con 20 lámparas WT4.5/GU6.5 CMH que exhiben 3000 K CCT y 80 CRI. Los focos de iluminación hacia abajo son regulables y se agrupan en tres zonas: una zona en el bancada en el centro de la sala para abordar el pozo; y una zona en la zona de asientos del público. La iluminación de la cala es regulable y se encuentra en una zona independiente del lavado de la pared perimetral y en tres zonas: una para cada lado y otra. uno en la pared de la entrada principal. La ranura de la pared frontal no está atenuada en una sola zona. Este nivel de control permite ajustes preestablecidos que pueden incluir estas escenas: ADMIN, SESION, AV, ESPECIAL y APAGADO.
» Imágenes ©Fotógrafo: James Haefner

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual, la inspección y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para materiales dignos de conservación.								vea Cuadro 15.2		
• Característica de la Pared	Sobre el plano de la pared								Vea Cuadro 15.2		
• Punto Focal Importante	Sobre el punto focal del plano			Vea Cuadro 15.2					Vea Cuadro 15.2		
• Perímetro	Sobre el plano de la pared								Vea Cuadro 15.2		
ADMINISTRACIÓN	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ATRIOS Y PATIOS	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ENTRADAS DE EDIFICIOS	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CIRCULACIÓN	Vea aplicaciones específicas o consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los valores predeterminados.										
SALA DE CLASES	Vea 24 | ILUMINACIÓN EN LA EDUCACIÓN										
CONFERENCIAS	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
Complejos Correccionales	Applications and tasks common to facilities for processing and housing detainees or convicts. Address hardware security requirements as necessary. Coordinate lighting with security cameras.										
• Sala de Actividades	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Armería	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de Inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Estantes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de Entrevistas para abogados/clientes	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Comedor	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/Servicio de Alimentos										
• Celdas											
Celdas de Detención Grupal											
· Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Celdas Individuales											
· General											
· Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Áreas de Tareas	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Capilla											
• Áreas Focales		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Meditación	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Adoración Previa y Posterior	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	vea 15.1.1.3		■	■	■	
	vea 15.1.1.3		■		■	
	vea 15.1.1.3		■	■	■	
	vea 15.1.1.3		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1					■
			■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	4:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.
k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.
l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.
m. Utilice lámparas con IRC >85.
n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.
o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
p. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual, la inspección y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.											
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para materiales dignos de conservación.						vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3
• Característica de la Pared	Sobre el plano de la pared						Vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3
• Punto Focal Importante	Sobre el punto focal del plano		Vea Cuadro 15.2				Vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3
• Perímetro	Sobre el plano de la pared						Vea Cuadro 15.2					vea 15.1.1.3
ADMINISTRACIÓN	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES											
ATRIOS Y PATIOS	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES											
ENTRADAS DE EDIFICIOS	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES											
CIRCULACIÓN	Vea aplicaciones específicas o consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los valores predeterminados.											
SALA DE CLASES	Vea 24 | ILUMINACIÓN EN LA EDUCACIÓN											
CONFERENCIAS	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES											
Complejos Correccionales	Applications and tasks common to facilities for processing and housing detainees or convicts. Address hardware security requirements as necessary. Coordinate lighting with security cameras.											
• Sala de Actividades	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1
• Armería	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
• Mesa de Inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1
• Estantes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1
• Salas de Entrevistas para abogados/clientes	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1
• Comedor	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/Servicio de Alimentos											
• Celdas												
Celdas de Detención Grupal												
· Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1
• Celdas Individuales												
· General												
· Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
· Noche	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
· Áreas de Tareas	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
• Capilla												
• Áreas Focales		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1
• Meditación	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1
• Adoración Previa y Posterior	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
Instalaciones Correccionales	(continued)										
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Público	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Avg
• Seguro											
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Aislamiento	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Personal	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Aulas	Ver 24/ ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN										
• Comisaría											
• Venta Minorista General	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Perímetro	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.
• Puestos de Control											
• Observación de Vista Directa											
· General[i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	-	0	0	0	
· Área de Tarea [i]	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	-	0	0	0	
• Observación Directa por Vídeo											
· General[i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Área de Tarea [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Asesoramiento	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de Día	Ver Sala de Actividades										
• Examinación dental, Higiene y Tratamiento [k]	E_h **y** E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Comedores	Ver INSTALACIONES CORRECCIONALES/Servicio de Alimentos										
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores										
• Campo de Tiro	**interior** E_h @línea de tiro 3' AFG; E_v @ área de la diana	P	150	300	600	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Servicio de Alimentos											
• Comedor de Cantina	E_h @plano de mesa ; E_v@4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Cocina											
· Lavaplatos/Lava Ollas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.
· Preparación de Alimentos	E_h **y** E_v @ preparación/superficies de manipulación de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.
· Almacenamiento											
Equipamiento,utensilios, mercancía	E_h **y** E_v @2' 6" AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.
· Alimento											
No refrigerado	E_h **y** E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min
Refrigerado	E_h **y** E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min
• Devolución de basura/artículos sucios	E_h @ plano de devolución ; E_v@4' AFF		100	100	100	Min	K	25	50	100	Prom.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1		■			■
2:1	2:1		■		■	
	4:1		■			■
	2:1		■			■
	4:1		■	■		■
vea Cuadro 12.6			■	■	■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
		2:1	■		■	
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
vea Cuadro 12.6			■		■	
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.

j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.

l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.

m. Utilice lámparas con IRC >85.

n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.

o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Instalaciones Correccionales	(continued)																	
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• Público	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Avg		2:1		■			■
• Seguro																		
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
· Aislamiento	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■			■
• Personal	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Aulas	Ver 24/ ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN																	
• Comisaría																		
• Venta Minorista General	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1		■			■
• Perímetro	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	2:1	2:1		■		■	
• Puestos de Control																		
• Observación de Vista Directa																		
· General[l]	E_h @piso; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	-	0	0	0			4:1		■			■
· Área de Tarea [i]	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	-	0	0	0			2:1		■			■
• Observación Directa por Vídeo																		
· General[l]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		4:1		■	■		■
· Área de Tarea [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	vea Cuadro 12.6			■	■	■	
• Asesoramiento	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Día	Ver Sala de Actividades																	
• Examinación dental, Higiene y Tratamiento [k]	E_h y E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Comedores	Ver INSTALACIONES CORRECCIONALES/Servicio de Alimentos																	
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores																	
• Campo de Tiro	**interior** E_h @línea de tiro 3' AFG; E_v @ área de la diana	P	150	300	600	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			2:1	■		■	
• Servicio de Alimentos																		
• Comedor de Cantina	E_h @plano de mesa ; E_v@4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Cocina																		
· Lavaplatos/Lava Ollas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
· Preparación de Alimentos	E_h y E_v @ preparación/superficies de manipulación de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.	vea Cuadro 12.6			■		■	
· Almacenamiento																		
Equipamiento,utensilios, mercancía	E_h y E_v @2' 6" AFF		200	200	200	Min	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
· Alimento																		
No refrigerado	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min		3:1		■			■
Refrigerado	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Min		3:1		■			■
• Devolución de basura/artículos sucios	E_h @ plano de devolución ; E_v@4' AFF		100	100	100	Min	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES CORRECCIONALES	(Continuación del servicio de alimentación)										
• Servidoras											
· Vitrinas de Comidas	E_h y E_v @ planos de presentación de alimento	Prom.= 3 veces el área del comedor E_h pero ≥200					Prom. = 3 veces el área del comedor E_h, pero ≥200				
· Vitrinas de sacar y llevar	E_h y E_v @ planos de presentación de alimento		200	200	200	Min	N	75	150	300	Prom.
· Líneas de Atención											
· Servicio por Empleado	E_h y E_v @ preparación/ superficies de manipulación de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.
· Autoservicio	Ver INSTALACIONES CORRECCIONALES/Servicio de alimentos/Servicios/Exhibiciones de comida										
• Área de admisión y Entrega											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Habitación para Higiene											
· Sala de Vestuario	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Baños	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Proceso de Identificación	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Propiedad											
· Inventario	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Cuarto de Propiedad											
Cara de Estanterías o Bastidores	E_h @3' 6"; E_v sobre cara estanterías	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· General	Eh @piso; Ev @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Puerto de Salida	Ver INSTALACIONES CORRECCIONALES/Puerto de Salida Vehicular										
Almacenamiento de Seguridad	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Control de Seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Baños											
· Detenidos y Reclusos	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Público	Ver BAÑOS/SALAS DE CASILLEROS										
· Equipo	Ver BAÑOS/SALAS DE CASILLEROS										
• Espera											
· Detenidos											
· Grupal (sala de TV)	E_h @piso; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Celda de Aislamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Público	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/VESTÍBULOS y Salas de Espera										
• Celdas de Prisión	Ver CENTROS CORRECCIONALES/Celdas										
• Cocina	Ver CENTROS CORRECCIONALES/Servicio de Alimentos										

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	Vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.

j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.

l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.

m. Utilice lámparas con IRC >85.

n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.

o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES CORRECCIONALES	(Continuación del servicio de alimentación)																	
• Servidoras																		
· Vitrinas de Comidas	E_h y E_v @ planos de presentación de alimento		Prom.= 3 veces el área del comedor E_h, pero ≥200						Prom. = 3 veces el área del comedor E_h, pero ≥200					3:1		■	■	■	
· Vitrinas de sacar y llevar	E_h y E_v @ planos de presentación de alimento		200	200	200	Min	N	75	150	300	Prom.		3:1		■	■	■	
· Líneas de Atención																		
· Servicio por Empleado	E_h y E_v @ preparación/ superficies de manipulación de alimentos		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.		Vea Cuadro 12.6		■	■	■	
· Autoservicio	Ver INSTALACIONES CORRECCIONALES/Servicio de alimentos/Servicios/Exhibiciones de comida														■	■	■	
• Área de admisión y Entrega																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Habitación para Higiene																		
· Sala de Vestuario	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
· Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
· Baños	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Proceso de Identificación	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		3:1		■			■
• Propiedad																		
· Inventario	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		3:1		■		■	
· Cuarto de Propiedad																		
Cara de Estanterías o Bastidores	E_h @3' 6"; E_v sobre cara estanterías	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
· General	Eh @piso; Ev @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Puerto de Salida	Ver INSTALACIONES CORRECCIONALES/Puerto de Salida Vehicular																	
Almacenamiento de Seguridad	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Control de Seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
• Baños																		
· Detenidos y Reclusos	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
· Público	Ver BAÑOS/SALAS DE CASILLEROS																	
· Equipo	Ver BAÑOS/SALAS DE CASILLEROS																	
• Espera																		
· Detenidos																		
· Grupal (sala de TV)	E_h @piso; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
· Celda de Aislamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
· Público	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/VESTÍBULOS y Salas de Espera																	
• Celdas de Prisión	Ver CENTROS CORRECCIONALES/Celdas																	
• Cocina	Ver CENTROS CORRECCIONALES/Servicio de Alimentos																	

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES CORRECCIONALES	(continuación)										
• Lavandería											
• Área Carros de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Suministro Central de Líquidos	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Estante de Flujo de Limpieza de Lino y Área de Ensamblado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Proceso de Limpieza de Lino	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área de Distribución (Guardado de Carros, Despacho y Muelle)	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Colección de Linos	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Preparación Empaquetado de Lino	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Reparación de Lino	E_h y E_v @2' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Almacenamiento de Lino	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Producción y Soporte	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Recepción	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Selección y Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cambio de Uniforme (Automatizado)	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Biblioteca	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Muelle de Carga	Vea ESPACIOS DE SOPORTE/Recepción/Envío										
• Vestíbulo	Vea ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera										
• Instalación de Correo	Vea ESPACIOS DE SOPORTE/Instalaciones de Correo										
• Atención Médica	Examinación y tratamiento. También vea 27/ILUMINACIÓN PARA ATENCIÓN MÉDICA										
• Estación Cartográfica	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de Examinación[l, m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General[m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Celdas de Prisión	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/Celdas										
• Sala de Generación Eléctrica	Vea 30/ ILUMINACIÓN PARA MANUFACTURA										
• Recepción/Envío	Vea ESPACIOS DE SOPORTE/Recepción/Envío										
• Recreación											
• Interior	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/ Sala de Actividades										
• Área de Ejercicio Exterior	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Seguridad											
• Exteriores	Vea 25/ ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y VIGILANCIA										
• Apantallamiento											
• Detenidos y Reclusos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Público											
• Estación	Vea INSTALCIONES CORRECCIONALES/ Puestos de Control										
• Salas de Vigilancia	Vea INSTALCIONES CORRECCIONALES/ Puestos de Control										
• Vestíbulos (entrelazados)	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Tiendas (Artes Industriales)	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF.	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	Vea Cuadro 12.6					
	Vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.
k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.
l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.
m. Utilice lámparas con IRC >85.
n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.
o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES CORRECCIONALES	(continuación)																	
• Lavandería																		
• Área Carros de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Suministro Central de Líquidos	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓			✓
• Estante de Flujo de Limpieza de Lino y Área de Ensamblado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓			✓
• Proceso de Limpieza de Lino	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Área de Distribución (Guardado de Carros, Despacho y Muelle)	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		✓			✓
• Colección de Linos	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		✓			✓
• Preparación Empaquetado de Lino	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Reparación de Lino	E_h y E_v @2' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		✓		✓	
• Almacenamiento de Lino	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓			✓
• Producción y Soporte	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Recepción	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Selección y Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Cambio de Uniforme (Automatizado)	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓			✓
• Biblioteca	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓			✓
• Muelle de Carga	Vea ESPACIOS DE SOPORTE/Recepción/Envío																	
• Vestíbulo	Vea ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera																	
• Instalación de Correo	Vea ESPACIOS DE SOPORTE/Instalaciones de Correo																	
• Atención Médica	Examinación y tratamiento. También vea 27/ILUMINACIÓN PARA ATENCIÓN MÉDICA																	
• Estación Cartográfica	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		Vea Cuadro 12.6		✓	✓	✓	
• Mesa de Examinación [l, m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		Vea Cuadro 12.6		✓		✓	
• General [m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Celdas de Prisión	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/Celdas																	
• Sala de Generación Eléctrica	Vea 30/ ILUMINACIÓN PARA MANUFACTURA																	
• Recepción/Envío	Vea ESPACIOS DE SOPORTE/Recepción/Envío																	
• Recreación																		
• Interior	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/ Sala de Actividades																	
• Área de Ejercicio Exterior	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		4:1		✓	✓		✓
• Seguridad																		
• Exteriores	Vea 25/ ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y VIGILANCIA																	
• Apantallamiento																		
• Detenidos y Reclusos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		✓		✓	
• Público																		
• Estación	Vea INSTALCIONES CORRECCIONALES/ Puestos de Control																	
• Salas de Vigilancia	Vea INSTALCIONES CORRECCIONALES/ Puestos de Control																	
• Vestíbulos (entrelazados)	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		✓		✓	
• Tiendas (Artes Industriales)	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF.	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		3:1		✓	✓		✓
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		✓			✓

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES CORRECCIONALES	(continuación)										
• Baños											
• Detenidos y Reclusos	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Público	Vea BAÑOS/SALA DE CASILLEROS										
• Personal	Vea BAÑOS/SALA DE CASILLEROS										
• Puerto de Salida Vehicular											
• Día	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Noche	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Sala de Visitas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Talleres	Vea Tiendas										
LABORATORIOS FORENSES	Laboratorios de Análisis Criminal										
• Armería											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de Inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Estantes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Campo de Tiro	**INDOOR** E_h @ línea de fuego 3' AFG; E_v @ área de la diana	P	150	300	600	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Laboratorios											
• Mesones											
• Análisis Electrónico	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF; Visualización de CSA/ISO Tipo 1 y II monitores de polaridad positiva y algunos papeles.	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Análisis Físico [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Análisis Vehicular	Garajes con ascensores o fosos para inspección exhaustiva del vehículo interior y exterior.										
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario										
• Tareas en Mesones y Capó	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
IT (Instalaciones Electrónicas)	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
INSTALACIONES JUDICIALES											
• Sala de Trabajo de Abogados											
• General	Eh @piso; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Mesa	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Sala Abogados/Sala de Testigos	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Celda	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/CELDAS										
• Corredores de Circulación	Vea ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación										

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
		2:1				
ver Cuadro 12.6						
	2:1					
	4:1					
1.5:1	1.5:1					
1.5:1	1.5:1					
	3:1					
	2:1					
	4:1					

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.
k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.
l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.
m. Utilice lámparas con IRC >85.
n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.
o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
p. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES CORRECCIONALES	(continuación)																	
• Baños																		
• Detenidos y Reclusos	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Público	Vea BAÑOS/SALA DE CASILLEROS																	
• Personal	Vea BAÑOS/SALA DE CASILLEROS																	
• Puerto de Salida Vehicular																		
• Día	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Noche	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1					■
• Sala de Visitas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■	■		■
• Talleres	Vea Tiendas																	
LABORATORIOS FORENSES	Laboratorios de Análisis Criminal																	
• Armería																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Mesa de Inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■		■	
• Estantes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
• Campo de Tiro	**INDOOR** E_h @ línea de fuego 3' AFG; E_v @ área de la diana	P	150	300	600	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			2:1	■		■	
• Laboratorios																		
• Mesones																		
• Análisis Electrónico	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF; Visualización de CSA/ISO Tipo 1 y II monitores de polaridad positiva y algunos papeles.	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6			■	■	■	
• Análisis Físico [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		■			■
• Análisis Vehicular	Garajes con ascensores o fosos para inspección exhaustiva del vehículo interior y exterior.																	
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	1.5:1	1.5:1		■			■
• Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario																	
• Tareas en Mesones y Capó	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.5:1	1.5:1		■		■	
IT (Instalaciones Electrónicas)	Vea 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
INSTALACIONES JUDICIALES																		
• Sala de Trabajo de Abogados																		
• General	Eh @piso; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					■
• Mesa	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
• Sala Abogados/Sala de Testigos	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		■			■
• Celda	Vea INSTALACIONES CORRECCIONALES/CELDAS																	
• Corredores de Circulación	Vea ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación																	

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES JUDICIALES	(Continuación)										
• Sala de la Corte [m]											
• Arte/Retratos	Ver ACENTUACIÓN										
• Mesas de Abogados	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Presentación AV	La intención de Tomar Notas										
• General	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pantalla	Los valores citados son para pantalla o plano(s) de monitor de visualización cuando la pantalla o monitor(es) de visualización están en uso.										
• Proyección Frontal	Sobre la superficie de la pantalla							50	50	50	Max
Monitores de Vídeo o Visores	Sobre la superficie frontal de la pantalla							200	200	200	Max
• Estación de Alguacil	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Banco y Empleados	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Mesa de Evidencia	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Tribuna del Jurado	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Atril o Podio	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Asientos Públicos	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Estrado de los Testigos	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Manejo de Documentos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores										
• Archivo/Almacenamiento	E_h @2' 6" AFF; E_v en la cara frontal del archivador sobre el área desde 1' AFF hasta la parte superior del archivador o sistema de archivo.										
• Constante		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Intermitente		N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Rara vez		M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Sala de trabajo	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores										
Escaleras mecánicas/Pasillos móviles	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles										
• Gran Sala del Jurado [m]											
• Sala de audiencias											
• Presentación AV	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Sala de Tribunal/Presentación AV										
• Exhibidores	Uso interactivo como parte de las audiencias						P	150	300	600	Prom.
• General	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Bloqueo de sonido	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Entrada Bloqueo de Sonido										
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS										
• Sala de los Jueces											
• Despacho Privado del Juez	Las iluminaciones de escritorio se adaptan al papeleo intensivo y a las pantallas de computadora de polaridad positiva CSA/ISO Tipos 1 y II. Alternativamente, Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen										
• Arte/Retratos	Ver ACENTUACIÓN										
• Estanterías	Ver ACENTUACIÓN										
• General	E_h@piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escritorio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Asistente Judicial y Secretarios Legales	Las iluminaciones de escritorio se adaptan al papeleo intensivo y a las pantallas de computadora de polaridad positiva CSA/ISO Tipos 1 y II. Alternativamente, Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen										
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escritorio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
2:1						
2:1						
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	vea Cuadro 12.6					

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.
k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.
l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.
m. Utilice lámparas con IRC >85.
n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.
o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
INSTALACIONES JUDICIALES	(Continuación)													
• Sala de la Corte [m]														
• Arte/Retratos	Ver ACENTUACIÓN													
• Mesas de Abogados	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1	
• Presentación AV	La intención de Tomar Notas													
• General	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
• Pantalla	Los valores citados son para pantalla o plano(s) de monitor de visualización cuando la pantalla o monitor(es) de visualización están en uso.													
• Proyección Frontal	Sobre la superficie de la pantalla							50	50	50	Max	2:1		
Monitores de Video o Visores	Sobre la superficie frontal de la pantalla							200	200	200	Max	2:1		
• Estación de Alguacil	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1	
• Banco y Empleados	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1	
• Mesa de Evidencia	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1	
• Tribuna del Jurado	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1	
• Atril o Podio	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1	
• Asientos Públicos	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Estrado de los Testigos	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1	
• Manejo de Documentos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores													
• Archivo/Almacenamiento	E_h @2' 6" AFF; E_v en la cara frontal del archivador sobre el área desde 1' AFF hasta la parte superior del archivador o sistema de archivo.													
• Constante		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.		vea Cuadro 12.6	
• Intermitente		N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Rara vez		M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
• Sala de trabajo	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores													
Escaleras mecánicas/Pasillos móviles	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles													
• Gran Sala del Jurado [m]														
• Sala de audiencias														
• Presentación AV	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Sala de Tribunal/Presentación AV													
• Exhibidores	Uso interactivo como parte de las audiencias						P	150	300	600	Prom.		3:1	
• General	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Bloqueo de sonido	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Entrada Bloqueo de Sonido													
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS													
• Sala de los Jueces														
• Despacho Privado del Juez	Las iluminaciones de escritorio se adaptan al papeleo intensivo y a las pantallas de computadora de polaridad positiva CSA/ISO Tipos 1 y II. Alternativamente, Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen													
• Arte/Retratos	Ver ACENTUACIÓN													
• Estanterías	Ver ACENTUACIÓN													
• General	E_f@piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Escritorio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		vea Cuadro 12.6	
• Asistente Judicial y Secretarios Legales	Las iluminaciones de escritorio se adaptan al papeleo intensivo y a las pantallas de computadora de polaridad positiva CSA/ISO Tipos 1 y II. Alternativamente, Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar a la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen													
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Escritorio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		vea Cuadro 12.6	

Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada. 1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES JUDICIALES	(continuación)										
• Sala de Descanso del Jurado											
• Salón y Asamblea	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Registro	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS										
• Venta	E_h y E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Biblioteca de Derecho	Ver 29/ ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS										
• Vestíbulos y salas de Espera	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/ Vestuarios y Salas de Espera										
• Instalación de Correo	Ver ESPACIOS DE SOPORTE/Instalación de Correo										
• Sala de Prensa de Noticias	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Oficinas	Vea 32/ ILUMINACIÓN PARA OFICINAS										
• Recepción/Envío	Ver ESPACIOS DE SOPORTE/ Recepción/Envío										
• Entrada con Bloqueo de Sonido	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS										
• Sala del Jurado de Juicio [m]											
• Sala del jurado											
• Presentación AV	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Sala de Tribunal/Presentación AV										
• General	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
Paredes de Exhibición Perimetrales	Uso interactivo como parte de las deliberaciones						P	150	300	600	Prom.
• Bloqueo de Sonido	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Entrada Bloqueo de Sonido										
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS										
Paredes de Exhibición Perimetrales	Uso interactivo como parte de las deliberaciones						P	150	300	600	Prom.
• Puerto de Salida de vehículos	Ver INSTALCIONES CORRECCIONALES/ Puerta de Salida Vehicular										
ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
SENDEROS PEATONALES	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
ESPACIOS DE SOPORTE											
• Barbería	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salón										
• Salón de Belleza	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salón										
• Salas de descanso/Almuerzo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Guardarropía o Guardarropas	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas de Copia/Impresión											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Espacio Intersticial [o]	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Armario del Conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Instalación de Correo											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Inspección de Seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Selección	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	4:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■	■	■	■
	3:1		■	■	■	■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	ver Cuadro 12.6		■	■	■	
	3:1		■		■	

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.
k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.
l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.
m. Utilice lámparas con IRC >85.
n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.
o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Mín	Max:Mín	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES JUDICIALES	(continuación)																	
• Sala de Descanso del Jurado																		
• Salón y Asamblea	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓			✓
• Registro	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓		✓	
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS																	
• Venta	E_h y E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓			✓
• Biblioteca de Derecho	Ver 29/ ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS																	
• Vestíbulos y salas de Espera	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/ Vestuarios y Salas de Espera																	
• Instalación de Correo	Ver ESPACIOS DE SOPORTE/Instalación de Correo																	
• Sala de Prensa de Noticias	Eh @2' 6"; Ev @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		✓			✓
• Oficinas	Vea 32/ ILUMINACIÓN PARA OFICINAS																	
• Recepción/Envío	Ver ESPACIOS DE SOPORTE/ Recepción/Envío																	
• Entrada con Bloqueo de Sonido	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓			✓
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS																	
• Sala del Jurado de Juicio [m]																		
• Sala del jurado																		
• Presentación AV	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Sala de Tribunal/Presentación AV																	
• General	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
Paredes de Exhibición Perimetrales	Uso interactivo como parte de las deliberaciones						P	150	300	600	Prom.		3:1		✓	✓	✓	✓
• Bloqueo de Sonido	Ver INSTALACIONES JUDICIALES/Entrada Bloqueo de Sonido																	
• Baños	Ver BAÑOS/SALA DE CASILLEROS																	
Paredes de Exhibición Perimetrales	Uso interactivo como parte de las deliberaciones						P	150	300	600	Prom.		3:1		✓	✓	✓	✓
• Puerto de Salida de vehículos	Ver INSTALCIONES CORRECCIONALES/ Puerta de Salida Vehicular																	
ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
SENDEROS PEATONALES	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
ESPACIOS DE SOPORTE																		
• Barbería	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salón																	
• Salón de Belleza	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salón																	
• Salas de descanso/Almuerzo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓			✓
• Guardarropía o Guardarropas	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓			✓
• Salas de Copia/Impresión																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓			✓
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓		✓	
• Espacio Intersticial [o]	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		3:1		✓			✓
• Armario del Conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓			✓
• Instalación de Correo																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		✓			✓
• Inspección de Seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver Cuadro 12.6		✓	✓	✓	
• Selección	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		✓		✓	

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SUPPORT SPACES	(continuación)										
• Receiving/Shipping											
• Dock	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Receiving/Staging	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Storage	E_h @piso; E_v @4' AFF										
• Equipment		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Bulky items		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Medium items		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Small items		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
TOILETS/LOCKER ROOMS											
• Fixtures	E_h @ superior del aparato de plomeria; Ev @3'-5' AFF	N	75	150	300	Avg	K	25	50	100	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Lockers	E_h @piso; E_v @ cara casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Showers	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vanities	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.
TRANSITION SPACES											
• Circulation Corridors	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Public	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Secure	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Staff	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Elevators											
• Freight											
· Cab interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Threshold											
· Cab exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Cab interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Public											
· Cab interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Threshold											
· Cab exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Cab interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Secure											
· Cab interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Threshold											
· Cab exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Cab interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.

j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.

l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.

m. Utilice lámparas con IRC >85.

n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.

o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f] [g]	Área Típica de Cobertura[h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SUPPORT SPACES	(continuación)																
• Receiving/Shipping																	
• Dock	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
• Receiving/Staging	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■
• Storage	E_h @piso; E_v @4' AFF																
• Equipment		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■
• Bulky items		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■		■
• Medium items		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■		■
• Small items		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■
TOILETS/LOCKER ROOMS																	
• Fixtures	E_h @ superior del aparato de plomería; Ev @3'-5' AFF	N	75	150	300	Avg	K	25	50	100	Prom.		2:1		■	■	
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
• Lockers	E_h @piso; E_v @cara casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■	■	
• Showers	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■
• Vanities	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■	■	
TRANSITION SPACES																	
• Circulation Corridors	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																
• Public	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
• Secure	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■
• Staff	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
• Elevators																	
• Freight																	
· Cab interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
· Threshold																	
· Cab exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	
· Cab interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	
• Public																	
· Cab interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
· Threshold																	
· Cab exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	
· Cab interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	
• Secure																	
· Cab interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■
· Threshold																	
· Cab exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	
· Cab interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de iluminación para tribunales e instalaciones correccionales continúa en la página siguiente

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)										
• Entradas	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos y Salas de Espera											
Circulación, Vestíbulos de Ascensores.	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
· General											
En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe diseñarse para ayudar con la adaptación al pasar hacia/desde el exterior.										
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Control de Seguridad											
· Habitaciones Privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Vestíbulos Públicos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de Lectura/Espera	E_h y E_v @2' 6" áreas de asientos	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Recepción	Como registro de visitantes o asistencia informativa/direccional.										
· Escritorio	La determinación de la edad puede ser tanto o más relevante con respecto a los visitantes que al personal.										
· Cubierta del Mesón	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared						ver Cuadro 15.2				
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Alta Actividad [P]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilacia en Vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min				
	2:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para el Cuadro 23.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 23.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 23.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 23.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales. Un icono sombreado indica que las aplicaciones y tareas son sensibles a la luz del día y se deben tomar medidas apropiadas, incluidas capacidades de oscurecimiento, para limitar la exposición a la luz del día, si la luz del día se considera una fuente de luz adecuada.

g. Las tareas con componentes especulares, como objetos bajo vidrio o pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada el blanco y el negro indican una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
j- Las elevaciones Eh y Ev se basan en superficies de trabajo convencionales y sentados a la altura de los ojos. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de criterios de iluminancia en consecuencia.
k. Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI >85.
l. Los objetivos de iluminancia citados son para el área objetivo, así anotados y logrados con un mínimo de control de 3 niveles, si no hay control de atenuación de iluminación arquitectónica.
m. Utilice lámparas con IRC >85.
n. Equipar los laboratorios de análisis físicos con luminarias portátiles orientables para los esfuerzos de análisis.
o. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
p. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

Cuadro 23.2 | Recomendaciones de Iluminación para Tribunales e Instalaciones Correccionales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Uniformidad de los Objetivos [e] — Sobre el Área de Cobertura — 1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)																	
• Entradas	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Vestíbulos y Salas de Espera																		
Circulación,Vestíbulos de Ascensores.	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
· General																		
En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe diseñarse para ayudar con la adaptación al pasar hacia/desde el exterior.																	
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1					
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1					
· Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1					
• Control de Seguridad																		
· Habitaciones Privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1					
· Vestíbulos Públicos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1					
• Áreas de Lectura/Espera	E_h y E_v @2' 6" áreas de asientos	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1					
• Recepción	Como registro de visitantes o asistencia informativa/direccional.																	
· Escritorio	La determinación de la edad puede ser tanto o más relevante con respecto a los visitantes que al personal.																	
· Cubierta del Mesón	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Cuadro 12.6					
Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared								ver Cuadro 15.2									
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• Alta Actividad [p]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Vigilacia en Vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					

Cuadro 23.3 | Conversiones Dimensionales SI

Acostumbrado en los Estados Unidos	SI
General	Conversión Tosca
Pulgadas	mm [pulgadas x 25,40]
Pies	m [pies x 0.30]
Específica	Conversiones Convenientes[a]
2'	610 mm o 0.6 m
2' 6"	760 mm o 0.75 m
3'	915 mm o 0.9 m
3' 6"	1065 mm o 1.1 m
4'	1220 mm o 1.2 m
5'	1525 mm o 1.5 m

a. Conversiones toscas redondeadas para facilitar la generación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

23.2.3 ATRIOS Y PATIOS

La iluminación de atrios y patios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

23.2.4 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación de las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

23.2.5 CIRCULACIÓN

Dados los diferentes requisitos de seguridad, la iluminación para la circulación se aborda en las respectivas áreas de aplicación de los tribunales y las instalaciones correccionales.

23.2.6 AULAS

La capacitación y la educación son componentes importantes de los campos judicial y correccional. La iluminación de las aulas se analiza en 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN.

23.2.7 CONFERENCIAS

Se utilizan diversas formas de conferencias en los tribunales y centros penitenciarios. La iluminación para conferencias se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

23.2.8 INSTALACIONES CORRECCIONALES

El encarcelamiento es la detención que generalmente tiene como objetivo castigo o disuasión. Como tal, las citas de criterios para algunas de las aplicaciones y tareas asociadas con las instalaciones correccionales identifican criterios de iluminancia que son sensatos y convenientes, pero no necesariamente los más apropiados. Por ejemplo, una economato es una aplicación minorista citada en la Tabla 23.2. El diseñador podría considerar un enfoque más refinado para la iluminación comercial propuesto en 34 | ILUMINACIÓN PARA MINORISTAS que puede adaptarse a un tipo específico de comisaría en un tipo específico de instalación correccional para un propietario específico. Sin embargo, es posible que la

clientela de la comisaría o la autoridad que financia un proyecto de castigo o disuasión no aprecie el enfoque y las técnicas de iluminación que genera este grado de atención. Sin embargo, el vendedor que dirige la comisaría puede acoger con agrado cierto grado de iluminación en el comercio minorista para ayudar a las ventas en un mercado tan controlado. Por lo tanto, en la Tabla 23.2 se citan criterios muy sencillos que adoptan una estrategia minorista básica para la comisaría. En aplicaciones o tareas donde existen otros criterios de iluminación mejor detallados, como capillas (Tabla 37.2), servicio de alimentos (Tabla 22.2), bibliotecas (Tabla 29.2) y centros médicos y dentales (Tabla 27.2), el diseñador puede revisar y proponer criterios de los otros capítulos de la aplicación, pero reconociendo los requisitos restrictivos del proyecto en cuestión. Los efectos de iluminación y el estilo y tamaño del hardware en las instalaciones penitenciarias pueden contribuir a una sensación de calma y orden. La iluminación natural se considera un beneficio significativo para quienes tienen pocas oportunidades de realizar actividades al aire libre. Los equipos de iluminación eléctrica deben resistir la posibilidad de abuso primario intencional o daño colateral. La revisión del programa de diseño y la consulta con el equipo de diseño y el cliente deberían proporcionar información sobre el grado y la probabilidad de dicho abuso y daño. La iluminación natural debe diseñarse para evitar el abuso de los medios de luz natural y evitar métodos de escape o comunicación inadmisible con la comunidad exterior. El diseñador y el equipo de iluminación deben abordar en consecuencia las técnicas de diseño, la selección y los detalles del equipo. Algunas aplicaciones y tareas clave se analizan a continuación. Es necesaria una deliberación cuidadosa sobre los controles de iluminación. Entre las variables a considerar se encuentran dónde están ubicados, qué controlan, quién tiene acceso, qué controles se pueden anular y la interacción con los sistemas de emergencia y bloqueo.

23.2.8.1 CELDAS

La iluminación general debería ser proporcional a la hora del día y podría lograrse con luz natural o alguna combinación de luz natural y luz eléctrica durante las horas del día. Se debe proporcionar iluminación de tareas en una o varias áreas de tareas clave. Dependiendo de la naturaleza de la instalación y el grado de seguridad, esto podría incluir el escritorio, la cabecera de la cama o el área de aseo. La figura 23.2 ilustra una técnica. La construcción de las luminarias debe ser resistente para resistir manipulaciones y abusos físicos. Son apropiadas las lámparas insensibles a golpes repentinos. A menudo se deben utilizar soportes de luminarias especiales para alojar iluminación empotrada en cielosrrasos de escayola de seguridad o en hormigón, o para montaje en superficie sobre hormigón. Generalmente, son preferibles aberturas más pequeñas con cajas traseras de gran calibre o carcasas que no estén incrustadas en concreto. El equipo debe tener lentes seguros. Los tornillos de seguridad ocultos en la construcción de luminarias pueden impedir que los reclusos oculten contrabando o que desmonten componentes para usarlos como armas o en la construcción de dispositivos incendiarios. El control de iluminación varía según los diferentes niveles de seguridad y puede basarse en los requisitos específicos del cliente. La iluminación de las celdas de seguridad media y máxima normalmente se controla desde los puestos de control de seguridad o desde un centro de operaciones seguro. La iluminación de las celdas de mínima seguridad se puede controlar localmente con un control central. Se pueden utilizar relojes automáticos o fotocélulas para ajustar la iluminación del día a la noche, aunque los sistemas automatizados deben ser altamente seguros electrónica y eléctricamente. La programación del diseño para algunas instalaciones puede requerir esquemas de conmutación de bloqueo específicos.

23.2.8.2 CORREDORES DE CIRCULACIÓN

Los corredores en los centros penitenciarios constan de áreas públicas (no seguras), de detención (seguras) y de personal. Los pasillos en las áreas de detención se utilizan para el tránsito de reclusos (tanto con o sin escolta) y, dependiendo de la instalación, pueden servir como retención temporal. La iluminación del corredor debe ser adecuada tanto para observaciones de vista directa como de video. Es apropiado consultar con el programa de diseño, el equipo y el cliente para establecer el uso de corredores seguros y los grados deseados de visualización directa o por video hacia y desde estos corredores. Esto debe coordinarse con los puestos de control y su disposición prevista: como puestos de observación con vista directa o como puestos de observación con vista por video. Para puestos de observación con vista directa, la iluminación dentro del puesto debe estar bien coordinada con la de las áreas que se están observando. El vidrio de seguridad y su acabado, tinte e inclinación plana, si la hubiera, influyen en el éxito de las condiciones de visualización donde el objetivo es optimizar la visión exterior del personal de seguridad y restringir la visión interior de los detenidos.

23.2.8.3 PUESTOS DE CONTROL

La iluminación de los puestos de control depende de la función de los puestos y del grado de seguridad requerido. Cuando los agentes de seguridad realizan observaciones anónimas con vista directa en una habitación cerrada, la iluminación dentro del puesto debe estar muy bien controlada, a discreción de los oficiales, para ajustarse a cualquier cambio en las condiciones de iluminación de las áreas que se están observando y para limitar la vista directa hacia el interior del puesto de control por parte de los internos. Los LRV bajos son mejores en esta situación. Lo mejor es la iluminación controlada ópticamente y colocada cerca de superficies que intencionalmente merecen luz, como el piso o la superficie de trabajo. Esto evita la posibilidad de que las cabezas y los movimientos de los agentes de seguridad queden iluminados o resaltados. Si los paneles de control no son electrónicos y requieren iluminación frontal, se deben utilizar equipos regulables y controlados ópticamente para la iluminación frontal. En consecuencia, se debe abordar la iluminación del área de observación.

23.2.8.4 PUERTOS DE SALIDA PARA VEHÍCULOS

El movimiento seguro de detenidos o prisioneros, testigos protegidos o incluso dignatarios que requieren protección de seguridad se facilita mediante un puerto de salida donde los vehículos seguros tienen acceso a entradas seguras a los tribunales o instalaciones correccionales. Los puertos de salida suelen ser puertas cocheras o garajes completamente cerrados. La iluminación cumple tanto una función de adaptación cuando los vehículos se mueven del exterior al interior y viceversa como una función de seguridad. Aunque la luz natural puede utilizarse para limitar el consumo de energía, su aplicación debe realizarse con mucho cuidado. El sistema de luz diurna---



FIGURA 23.2 | ILUMINACIÓN DE CELDA
Una luminaria montada en la pared exhibe un componente de iluminación ascendente y descendente. Hay versiones disponibles en las que cada distribución está iluminada y conmutada por separado para proporcionar iluminación ambiental de bajo nivel (sólo iluminación ascendente), ambiente moderado (luz ascendente y descendente) o sólo iluminación de trabajo (sólo iluminación descendente).

» Imagen ©Lizzie Himmel/Sygma/Corbis

---debe estar a salvo de violaciones por parte de personas o disparos y debe evitar situaciones de visión directa desde cualquier punto estratégico fuera del puerto de salida para limitar la identificación y el seguimiento de aquellos que se encuentren dentro.

23.2.9 LABORATORIOS FORENSES

Los laboratorios criminalísticos varían desde instalaciones relativamente básicas hasta instalaciones con todo incluido, dependiendo de los recursos de la agencia y de la amplitud y profundidad de los delitos que necesitan análisis. Los laboratorios equipados con analizadores electrónicos que incluyan pantallas de computadora y lectores digitales deben estar iluminados para permitir la disección de muestras físicas, la mezcla de soluciones y la inserción de materiales de lectura en las pantallas. Cuando se requieren más análisis físicos, la iluminación debe abordar los aspectos visuales de la inspección, incluida la realizada con microscopios. Algunas configuraciones de laboratorio constan de análisis electrónicos e inspecciones físicas en paralelo. Las instalaciones con todo incluido pueden tener laboratorios separados según los análisis. Son importantes los controles de variabilidad para adaptarse a una amplia gama de tareas visuales y la iluminación portátil para tareas de inspección. Ver Figuras 23.3 y 23.4.

23.2.10 IT (Equipos Electrónicos)

La iluminación para instalaciones de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

23.2.11 INSTALACIONES JUDICIALES

Aunque las instalaciones judiciales abarcan muchas aplicaciones, las más importantes y únicas son las salas de audiencias, de las cuales puede haber varias en una sola instalación. La justicia es un fundamento de la democracia. La iluminación debería servir para mejorar la dignidad de estas instalaciones y apoyar juicios justos y rápidos. Acentuar es una necesidad funcional y estética. La reproducción cromática de las fuentes de luz eléctrica debe ser >85 CRI para reproducir plenamente los tonos de la piel y los colores de la ropa a efectos de inspección e identificación de testigos, acusados y pruebas, y de confianza en uno mismo. Las salas de audiencias constan de dos componentes básicos: la audiencia y el área de procedimiento. El área de procedimiento incluye el estrado de los jueces, las mesas de los abogados, un atril o podio, el estrado de los testigos, el secretario del tribunal, el registrador del tribunal y el estrado del jurado. También puede ser necesaria una mesa de pruebas, así como caballetes y equipos audiovisuales. Las tareas visuales son bastante variadas. Es posible que se utilicen cámaras con fines de grabación y seguridad. Las necesidades de iluminación pueden ser variadas, pero se pueden abordar fácilmente con diseños de iluminación y zonas de control bien planificados, fuentes regulables y controles. Los controles deben ser simples para una aplicación conveniente. Entre las variables a considerar se encuentran dónde están ubicados, qué controlan, quién tiene acceso, qué controles pueden anularse y la interacción con los sistemas de emergencia y bloqueo. Con la excepción de los requisitos AV, las iluminancias verticales son relativamente altas, pero se logran fácilmente con técnicas de iluminación difusa. Ver Figura 23.1. Para situaciones audiovisuales que utilizan sistemas de proyección frontal, se debe establecer la posición de la pantalla y controlar la iluminación para limitar la iluminancia sobre la superficie de la pantalla. El criterio de iluminancia citado es máximo en la pantalla y ciertamente puede ser inferior a este valor. La uniformidad en la pantalla es importante para minimizar las estrías que distraen. Cuando se utilizan monitores de vídeo, estos generalmente son mucho menos indulgentes que los sistemas de proyección frontal. Sin embargo, algunos de ellos tienen pantallas muy especulares y se debe considerar la posición y la inclinación de la pantalla en relación con las luces energizadas. La iluminación natural funciona bien en salas de audiencias donde se prevé muy poco AV, si es que se prevé alguno, como podría esperarse en un tribunal de quiebras. En otras áreas, la iluminación natural debe diseñarse para adaptarse a situaciones audiovisuales y esto podría implicar que las cortinas automáticas se ajusten a la configuración de la escena audiovisual. De todos modos, se deben abordar los aspectos de seguridad de los medios diurnos. El equipo de diseño debe coordinarse con el consultor de seguridad para establecer medios, tamaños y orientaciones de luz natural apropiados para la ubicación determinada del proyecto.



FIGURA 23.3 | LABORATORIO FORENSE
La iluminación ambiental de luminarias colgantes lineales e indirectas permite realizar análisis electrónicos. En las suspensiones de múltiples lámparas, la conmutación puede lograr una variedad de iluminancias. Cuando se realizan análisis físicos, se utilizan luces de trabajo portátiles para la inspección.
» Imagen ©Christopher Lark

23.2.12 ESTACIONAMIENTO
La iluminación de los estacionamientos se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. En situaciones de estacionamiento seguro, la iluminación debe adaptarse a los requisitos de cámaras y vigilancia.

23.2.13 VÍAS PEATONALES
La iluminación de las vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. En situaciones de vías peatonales seguras, la iluminación debe adaptarse a los requisitos de cámaras y vigilancia.

23.2.14 ESPACIOS DE APOYO
La iluminación de los espacios de apoyo se aborda brevemente en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Aquí se citan peluquerías y salones de belleza, ya que estos servicios probablemente formen parte de las instalaciones correccionales. Los criterios de iluminancia se describen en el Capítulo 28. Los guardarropas y fotocopiadoras se consideran espacios de apoyo, aunque pueden estar descentralizados. Por ejemplo, una sala de jueces podría necesitar tanto un guardarropa como un centro de fotocopias para hacer frente al volumen de uso y los requisitos de seguridad que ofrecen las instalaciones internas. Las salas de correo pueden ser relativamente pequeñas, pero es probable que se necesite un área e iluminación para realizar la clasificación y la inspección de seguridad. Si la inspección es una parte inherente de la clasificación, entonces los criterios de inspección de seguridad deben aplicarse en todas las áreas de trabajo de la sala de correo.

23.2.15 BAÑOS/VESTUARIOS

La mejor manera de abordar los baños es resaltar áreas de tareas específicas. Esto ofrece eficiencia energética cumpliendo con los diferentes criterios de iluminancia involucrados. Destacar los inodoros, urinarios y tocadores ofrece una apariencia más limpia y nítida que la neblina de la iluminación difusa general. Las posiciones de tocador requieren iluminación vertical en un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros de pie o sentados) en frente del espejo. La Figura 22.7 identifica varios métodos de iluminación de tocadores para instalaciones sanitarias no seguras. El color de la luz es importante para el aseo. Son apropiadas las lámparas que exhiben CCT de 2700 K a 3500 K y CRI >82, utilizando CFL de trifósforo como punto de referencia.

23.2.16 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

Los espacios de transición del frente de la casa en muchas aplicaciones están diseñados e iluminados, definen el lugar y dan la bienvenida a los empleados e invitados. Estos espacios son transiciones del exterior al interior y viceversa o de un tipo de espacio interior a otro. Los criterios y acentos de iluminancia son un aspecto importante para realizar transiciones cómodas y seguras. Muchos de los espacios públicos en las instalaciones judiciales pueden ser de una secuencia particular de paso, de naturaleza ceremonial o de especial importancia. Para desempeñar adecuadamente estos roles, las impresiones subjetivas descritas en la Tabla 12.2 deben guiar la aplicación de efectos de iluminación. Las iluminancias asociadas con las obras de arte y las características que ayudan con estas impresiones subjetivas se describen en la Tabla 23.2. Las áreas de control de seguridad en espacios públicos como vestíbulos requieren cierta iluminancia horizontal y vertical adicional en relación con la iluminación de fondo necesaria para el funcionamiento normal del espacio. Ver Figura 25.1. Cuando procedimientos especiales de seguridad exijan controles privados, los criterios de iluminación horizontal y vertical deben adaptarse a la situación. Las iluminancias, las ubicaciones de los equipos de iluminación y las distribuciones de luz deben coordinarse con las cámaras de seguridad. Los controles de estas salas pueden estar intencionalmente centralizados o limitados a sensores de movimiento. El diseñador debe coordinar los requisitos con el consultor de seguridad. Para fines de coherencia visual y conveniencia de mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.



FIGURA 23.4 |

LABORATORIO FORENSE

Las inspecciones de vehículos requieren iluminancias ambientales relativamente altas con iluminación portátil para tareas según sea necesario. En este caso, se determinó que las lámparas colgantes lineales directas/indirectas eran las más eficientes para cumplir con los criterios de iluminancia. Las luces de estudio fluorescentes portátiles se utilizan por su intensidad, eficiencia y calor mínimo.

» Imagen ©Christopher Lark

23.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando están completamente implementados, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Cortocircuitar la selección de criterios o el diseño con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas del peor de los casos seguramente resultará en insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, un resultado probable es no aprovechar al máximo la energía gastada o, peor aún, desperdiciar energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios temas descritos en la Tabla 23.2.

23.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 23.2 y pueden justificar criterios de iluminancia diferentes. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para tipos de espacios o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica falla, revisar la lista en la Tabla 36.2 puede ser para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de determinación de iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones de desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

23.3.2 NOTAS

Las notas en la Tabla 23.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica algún grado de aclaración, se toman notas.

23.3.3 OBJETIVOS RECOMENDADOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea bajo consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y ver 10.7.1 Factores de pérdida de luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en el que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia según los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A efectos de sostenibilidad, ya no se puede presumir que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se aplaza o se practica mal o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede resultar inseguro y afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70 % o tal vez incluso tan baja como el 50 % de la vida útil nominal respecto a su calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Vida útil y Mantenimiento de Lúmenes. Los objetivos citados son consenso y se

recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la Tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos citados son consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la Tabla 23.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical para las paredes de exhibición perimetrales en una sala de jurado de juicio, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las proximidades o de cualquier iluminancia que resulte de alcanzar la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito. En algunas situaciones, no se anticipa ninguna luz en al menos un plano de una tarea, como el plano vertical a 5' AFF para INSTALACIONES CORRECCIONALES/Puestos de Control/Observación de Vista Directa. Un 0 indica que no hay luz o que se recomienda cero luz para la tarea o aplicación.

23.3.3.1 PLANOS DE DESTINO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea aproximadamente en una orientación horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar en consecuencia el objetivo de iluminancia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea deba aplicarse a un plano diferente.

Se espera que casi todas las tareas tengan tanto un componente de iluminancia horizontal (Eh) como un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a diversos aspectos de la tarea. Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en "Notas". Tenga en cuenta la implicación para las edades visuales de los observadores. Es necesario establecer y seguir las orientaciones de las tareas y abordar la iluminancia tanto horizontal como vertical. Si las orientaciones del proyecto bajo consideración están programadas para invertirse de lo que podría considerarse visualización normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje horizontal o vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces se deben aplicar los criterios de iluminancia a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de luminarias y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo. Para planos relacionados con objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas orientaciones en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían orientarse en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación.

23.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto deberá resolverse durante la programación con el cliente. Se podrá determinar que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto del que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede resultar en iluminación excesiva, insuficiente, intensa, desagrado o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como en las presentaciones audiovisuales de proyección frontal, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la pantalla para maximizar la visibilidad para todos los grupos de edad y, por lo tanto, no está vinculada a las edades de los observadores.

23.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Se muestran en la Tabla 23.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de iluminancia recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas de un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

23.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y que se supervisan de cerca los criterios de uniformidad. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento objetivo, se cita "Promedio". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es “Min” o “Max” respectivamente. El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas en un Área Grande.

En cualquier caso, una vez establecidos los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Una asignación de ingeniería estándar de ±10 % podría ser aceptable para objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de Resultados Calculados.

23.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todo lo cual debe abordarse como parte del diseño para evitar molestias, deslumbramientos y tensiones visuales. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una serie de puntos y el valor mínimo en la misma serie de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican a las iluminancias tanto horizontales como verticales en el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor de iluminancia horizontal (Eh). Generalmente, cuanto más importantes son la velocidad y la precisión y cuanto más exigente es la tarea visual, más ajustada es la proporción.

23.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

23.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de las condiciones promedio es perceptible y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

23.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

23.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente las estrategias de diseño deben abarcar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz diurna. Se prefiere que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada, suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y regulación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas del día. Sin embargo, esto puede no ser práctico en las salas de audiencias a menos que se utilice una atenuación continua en tasas de respuesta lentas. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad.

23.3.6 REFLEJOS TIPO VELO

Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante o, peor aún, ambos, son propensas a velar reflejos. La probabilidad de que determinadas aplicaciones y tareas predispongan a velar los reflejos se indica mediante un icono de “luz reflejada”: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad general y la dirección de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos velados pueden filtrarse o aislarse. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta, suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas.

Recomendaciones para abordar la luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones predeterminadas de luminancia e intensidad de luminaria para aplicaciones VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos velados, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

IESH/10e CSA/ISO

> 12.5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO

23.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones específicas del proyecto. Un área de cobertura es la “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea misma o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas.

En algunas situaciones, como la acentuación, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar la “pared característica” o el “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o en el área de la tarea cumpla con los criterios de iluminancia descrito en la Tabla 23.2. Otra área de cobertura es “habitación o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada normalmente está establecida por la distribución de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 23.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” daría como resultado cierta reducción de LPD en comparación con la cobertura de “habitación o área designada”. Si la tarea puede limitarse a un área en lugar de múltiples áreas, si la habitación o área en la que se ubica la tarea es en sí misma relativamente pequeña, como una oficina de un solo ocupante, y si los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | Si se abordan los COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación de un proyecto en particular.

IESH/10e RECURSOS ECONÓMICOS

> 15.3.3 Presupuestos

- *para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor*

> 18 | CIENCIAS ECONÓMICAS

- *para obtener más información sobre la estimación de costos*
- *para obtener más información sobre los costos del ciclo de vida*
- *para más información sobre amortizaciones y tasas de rendimiento*

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva Construcción

- *para obtener más información sobre el diseño para iluminación natural*
- *para más información sobre equipos de iluminación eléctrica*
- *para más información sobre controles de iluminación*

> 17.4 Códigos, Regulaciones y Normas de Iluminación.
dardos

- *para obtener más información sobre los estándares de aplicación*
- *para más información sobre las regulaciones de equipos*

23.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica de los tribunales y las instalaciones correccionales y debe usarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Es posible que sea necesario aplicar estrategias de selección y ubicación de equipos para abordar la posibilidad de abuso de equipos de iluminación. Para aplicaciones en exteriores, las lámparas, balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. La respuesta de atenuación a la luz del día puede resultar poco práctica. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los respectivos aspectos. Es imprescindible abordar

todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores importantes destinados a utilizar el proyecto
• usar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos, respectivamente) en espacios interiores de producción, almacenamiento y espacios de trabajo
• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia
• usar lámparas de la más alta eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y criterio de salida.
• usar luminarias de la más alta eficiencia que cumplan con criterios estéticos, de abuso y de luminancia
• usar acentos para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario
• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas
• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas
• establecer diseños que simplemente cumplan con los criterios de iluminancia recomendados por IES
• abordar las necesidades ambientales exteriores
• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos
• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de trabajo y de acento
• documentar el cumplimiento de todos los criterios de código, energía, sostenibilidad e IES
• documentar los criterios y las desviaciones del diseño y su justificación y posterior disposición por parte del equipo , cliente o autoridad competente
• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas.

Diseñar para la satisfacción de los observadores importantes es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Aquí, el diseñador debe establecer los observadores significativos y sus requisitos de iluminación relacionados. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró en ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe realizarse con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. El presupuesto debe incluir aportaciones del diseñador y diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, efectivamente, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS DE IESH/10e LIGHTING PARA EXTERIORES

> 12.5.5.6 Iluminaciones exteriores nocturnas
• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en condiciones mesópicas.
adaptación
> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES
• para más información sobre los criterios

IESH/10e RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD

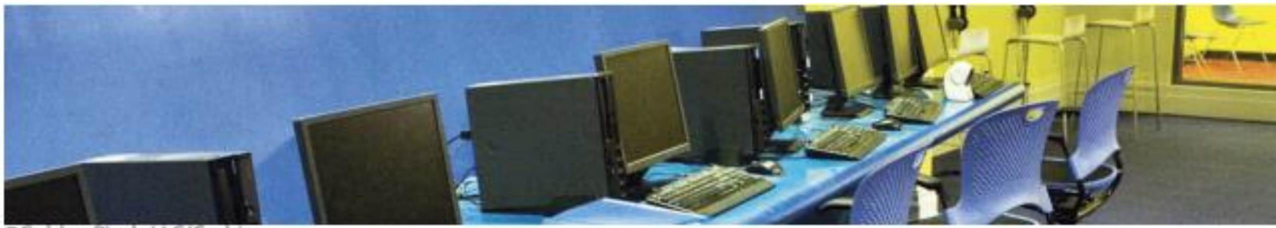
> 13.11 Sostenibilidad
• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD
• para más información sobre los controles
• para obtener más recursos sobre la tierra
• para más información sobre energía

- *para obtener más información sobre los análisis del ciclo de vida*
- *para más información sobre el diseño de iluminación*
- *para más información sobre el reciclaje*

23.5 REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. pp. 14-19:22.



©Golden Pixels LLC/Corbis

24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN

Al habitar en la luz, no hay motivo alguno para tropezar, porque todas las cosas se descubren en la luz.

George Fox, siglo XVII, fundador de los cuáqueros

CONTENIDO

La adquisición de conocimientos y el proceso de aprendizaje implican la exploración visual de formas tangibles y el descubrimiento de conceptos a partir de presentaciones gráficas y escritas en papel, computadora y proyección. El papel de la iluminación es fundamental. Sin embargo, la iluminación también prepara el escenario para escuchar, desarrollar habilidades sociales, comprender situaciones y reconocer y entender lugares. Para las personas con visión normal y parcial, la iluminación contribuye a la vida y al aprendizaje de maneras que no pueden explicarse en un análisis convencional del valor presente. Aunque la iluminación eléctrica representa alrededor del 30% de la electricidad utilizada en las escuelas K-12 (ver Figura 24.1), esto equivale aproximadamente al 1% del gasto total [1] [2]. No se debe permitir que abordar los costos de energía de iluminación comprometa la iluminación para la educación. El uso adecuado de la luz natural y la luz eléctrica eficiente mejoran el entorno de aprendizaje. Lo que sigue es una discusión de los aspectos clave que afectan la iluminación para las personas en las instalaciones educativas: estado del proyecto; tipos de espacio; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia.

Los esfuerzos de diseño integral también deben depender del material en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. El diseñador debe tener un conocimiento profundo de los principios de diseño descritos en esos capítulos, debe identificar aquellos que se consideren apropiados y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente aspectos específicos relacionados con la iluminación para la educación que deberían influir en las selecciones ópticas de las luminarias, la iluminación y los diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (ver 15.2 Un esquema de iluminación). El uso del material de este

capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con IES sirven como fuentes de archivo y referencia [3] [4].

Se debe pensar deliberadamente en detalles más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en las aulas de arte la calidad del color de la luz es importante. En algunas situaciones, muy importante. Esta información suele estar disponible en la programación del proyecto. Revise el material relevante en el Capítulo 12 y aborde la necesidad seleccionando lámparas de un CCT y CRI que se consideren apropiados para la situación. Estos detalles específicos no se enumeran para todas las tareas. La Tabla 24.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación de IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación interior y exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios de IES y reemplazarlos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

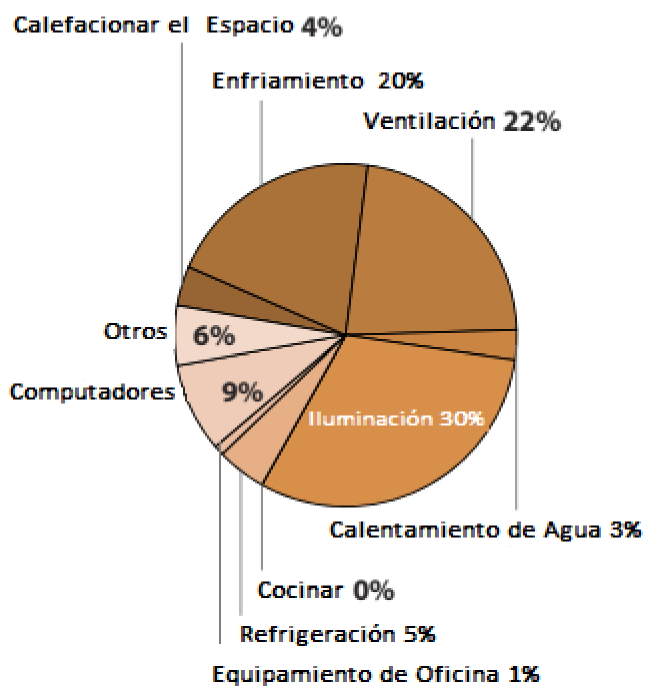


FIGURA 24.1 | USO DE ELECTRICIDAD EN EDIFICIOS EDUCATIVOS Según datos de 2003 de la Administración de Información Energética del Departamento de Energía de EE. UU., la iluminación representa el 30% del uso de electricidad en edificios educativos (el uso de electricidad para rondas de cocina es del 0%). Los propios edificios educativos representan alrededor del 10% del uso de electricidad de todos los edificios comerciales e institucionales.

24.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen diferentes oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. Una comprensión clara del tipo y alcance del proyecto ayudarán a establecer en qué medida la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debería considerar la luz natural como fuente de luz. Dado el horario de funcionamiento de al menos las escuelas K-12, la luz natural puede ser la principal fuente de luz. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz del día exige una atención decidida para abordar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

Cuadro 24.1 | Lista de Verificación de Iluminación Educativa

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 23.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Medioambiente Externo Nocturno
Cuadro 15.6 | Estrategias operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medio Ambiente al Aire Libre
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 24.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 24.2
Este Capítulo: Cuadro 24.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

24.2 TIPOS DE APLICACIONES

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con criterios de calidad, cantidad y operación, se realiza un inventario de los tipos de espacios educativos bajo consideración y los ocupantes, funciones y tareas anticipadas (ver Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales). De lo contrario, la iluminación no podrá adaptarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones del tipo de espacio se requieren al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de iluminación, potencia y energía. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, así como los números para el seguimiento, deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 24.2 | Las recomendaciones de iluminancia de instalaciones educativas deben revisarse con los conocimientos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos y funciones de espacio nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaraciones con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 24.2.

La siguiente discusión se centra en los principales títulos de aplicaciones de la Tabla 24.2. Combine esto con los temas de la Tabla 24.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

24.2.1 ACENTUAR

Acentuar afecta la percepción de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación Decorativa.

24.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación de las áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de las tareas pueden variar según la instalación educativa asociada, desde K-12 hasta tecnología vocacional, colegio comunitario, colegio universitario y universidad hasta educación para adultos. Estas distinciones pueden afectar el diseño de iluminación al influir en los tipos de efectos de iluminación, el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias.

Las áreas administrativas pueden estar dispersas a lo largo de una instalación o campus educativo o pueden estar centralizadas en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y de los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas simpatiza o difiere del de otras aplicaciones y tareas en el centro educativo en cuestión.

24.2.3 AUDITORIOS

Los auditorios se caracterizan por su flexibilidad de uso. Las funciones son bastante variadas incluso dentro de designaciones como salas de conferencias o espacios polivalentes o de actuación. Esto generalmente requiere el diseño de un sistema de controles que puede exigir operadores capacitados en el uso del sistema. Además, en auditorios más íntimos, los controles simplificados para oradores y estudiantes pueden ser apropiados para acomodar sesiones pequeñas sin necesidad de personal adicional.

Los desafíos incluyen la iluminación de los pasillos durante las actuaciones en la casa oscura, así como la iluminación de las cerraduras con luz y sonido. Las cerraduras de luz y sonido sirven como transiciones desde el auditorio al vestíbulo u otro espacio de transición adyacente. La iluminación de los pasillos debe funcionar apropiadamente durante los distintos

tipos de actuaciones y sus intermedios y antes y después de las actuaciones. Por ejemplo, durante las representaciones en una casa oscura, las personas que salen o entran al auditorio no deben crear una distracción visual. La iluminación de las cerraduras de luz y sonido debe diseñarse para gestionar el cambio de luminancia desde los pasillos del auditorio a los espacios adyacentes. Esto puede implicar ajustar las reflectancias e iluminancias del piso entre pasillos, esclusas de luz y sonido y vestíbulos. Las opciones suelen ser iluminación decorativa atenuada o iluminación arquitectónica controlada ópticamente o iluminación localizada desde luces de paso o pasamanos. Ver también 28.2.7 Cabinas de control y 28.2.19 Teatros.

24.2.4 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Para las instalaciones educativas una variable distinta es el tiempo de necesidad. Otras variables incluyen los niveles anticipados de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna. Los niveles de actividad nocturna pueden variar según el tipo de instalación educativa, como primaria versus secundaria, y según horarios específicos, como actividades extracurriculares, deportes, eventos sociales u otros. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar diversos escenarios en distintas noches mediante intervención manual, reloj automático y funciones de fotocélula. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación o que el equipo y el cliente eligen diseñar afecta los criterios de iluminancia para las tareas al aire libre.

Las designaciones de zonas de iluminación exterior nocturna varían según las ordenanzas locales, las guías de sostenibilidad o la definición de lugar del propio equipo. Estos se analizan en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Véase también la Tabla 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para mejorar el respeto al medio ambiente al aire libre.

Las necesidades de seguridad fuera del horario laboral, como el monitoreo o grabación en el sitio o remota, pueden requerir que algunas luminarias en las entradas del edificio permanezcan energizadas durante la noche o colocadas sobre sensores de movimiento o interconectadas con operaciones de cámaras. Las zonas de control y las funciones del reloj deben diseñarse en consecuencia. Cuando el monitoreo remoto se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede ser innecesaria.

24.2.5 AULAS

Además de la visibilidad de las tareas y el desempeño visual, la iluminación del aula influye en la atención. Aquí es necesario definir y abordar todas las tareas visuales previstas, muchas de las cuales están orientadas verticalmente. Aunque los efectos de iluminación no deben ser el foco de atención, se debe desarrollar una iluminación que ayude al ojo a mantener el enfoque y al usuario a mantener la atención en áreas de tareas específicas, según lo requiera la pedagogía.

Las edades de los observadores deben deliberarse con cuidado en las aulas. Sólo se puede lograr una sensación de comodidad y lugar, así como un uso adecuado de la energía, si los niveles de iluminación se dirigen a la audiencia prevista. Los criterios de iluminancia se presentan en función de grupos de edad asociados con al menos la mitad de los observadores en una aplicación particular. El diseñador siempre tiene la libertad de volver a seleccionar criterios basándose en su propia experiencia o en las instrucciones del cliente. Cuando los grupos de edad entran en conflicto, como podría ocurrir con las clases diurnas en escuelas primarias o secundarias para niños y adolescentes y las clases nocturnas en las mismas instalaciones para adultos, los controles de iluminación permiten una iluminación adecuada y eficiente para abordar ambas situaciones.

El bloqueo de luz y sonido *es una referencia a una habitación con puerta sin acceso a luz natural y que separa un espacio sensible a la luz, como un auditorio, un comedor o un teatro a oscuras, de un espacio activo donde se necesitan iluminancias relativamente más altas como un vestíbulo, una cocina o un vestíbulo con luz natural. La cerradura actúa como un deflector de luz y sonido, de modo que cuando las personas entran y salen del espacio sensible a la luz, ningún sonido o luz extraña del espacio activo más brillante interrumpe la experiencia de las personas en el espacio sensible a la luz. Ver Figura 24.2.*



FIGURA 24.2 | CERRADURA DE LUZ Y SONIDO Esta cerradura de luz y sonido separa un vestíbulo iluminado (fuera de la vista a la izquierda, pero cuyo efecto es visible a través de una puerta abierta) de un gran auditorio (a través de la puerta a la derecha). En los momentos previos y posteriores a la actuación y durante el intermedio, la iluminación eléctrica se ajusta a los niveles que se ven aquí. Durante las actuaciones y las conferencias, las luminarias del cielorraso se apagan y las luces de paso se atenúan. Observe cómo incluso la puerta del auditorio tiene bisagras en el lado opuesto para desviar aún más la luz extraña de la puerta invisible y posiblemente abierta a lo largo de la pared izquierda hacia el vestíbulo más luminoso. » Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

Cuadro 24.2 Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	**El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para efectos visuales , atracción y orientación Consulte 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES/ ACENTUACIÓN COMÚN para conocer los criterios de acento predeterminados para consideración en cualquier aplicación.**										
ADMINISTRACIÓN	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AUDITORÍA											
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Actuación o AV	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
Todo-pero -AV-o-Actuación	E_h @piso; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.
•Ambos Controles	Ver 28 / ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO										
•Salón de Conferencia	Dedicado a conferencias (probablemente asientos fijos)										
• Audiencia	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
· AV y notas	Se pretende tomar notas. Eh @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· AV y sin notas	No se pretende tomar notas E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
Presentaciones Características	E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
·Sin AV	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Demostración	E_h @3' AFF; E_v @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados están destinados al plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.										
Presentaciones Características								10	10	10	Max
· Referencia periódica								50	50	50	Max
• Altavoz/panel	Iluminación en el altavoz o panel de altavoces.										
· AV											
· Rostro(s)	E_v @4' AFF							Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh			
· Superficie para tareas	E_h @2' 6" AFF		Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh								
· Sin AV	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Multipropósito	Alto grado de flexibilidad (probablemente asientos sueltos)										
• Armado	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
· Audiencia											
· AV y Notas	Se pretende tomar notas. Eh @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· AV sin Notas	No se pretende tomar notas E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
Presentaciones Características	E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· AV sin Notas	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.										
Presentaciones Características								10	10	10	Max
· Referencia periódica								50	50	50	Max
· Altavoz/panel	Iluminación en el altavoz o panel de altavoces.										
· AV											
Rostro(s)	E_v @4' AFF							Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh			
Superficie para tareas	E_h @2' 6" AFF		Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh								
· Sin AV	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.

Tabla 24.2 1 Recomendaciones de iluminación para instalaciones educativas continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	5:1/3:1					
	10:1/3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
2:1						
2:1						
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
2:1						
2:1						
	2:1					
	2:1					
	3:1					

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.
i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.
j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".
k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.
l. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f] [g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para efectos visuales , atracción y orientación Consulte 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES/ ACENTUACIÓN COMÚN para conocer los criterios de acento predeterminados para consideración en cualquier aplicación.																
ADMINISTRACIÓN	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
AUDITORÍA																	
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																
• Actuación o AV	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.		5:1/3:1				
Todo-pero -AV-o-Actuación	E_h @piso; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.		10:1/3:1				
•Ambos Controles	Ver 28 / ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO																
•Salón de Conferencia	Dedicado a conferencias (probablemente asientos fijos)																
• Audiencia	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																
• AV y notas	Se pretende tomar notas. Eh @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1				
• AV y sin notas	No se pretende tomar notas E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1				
Presentaciones Características	E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1				
•Sin AV	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1				
• Demostración	E_h @3' AFF; E_v @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		3:1				
Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados están destinados al plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.																
Presentaciones Características								10	10	10	Max	2:1					
• Referencia periódica								50	50	50	Max	2:1					
• Altavoz/panel	Iluminación en el altavoz o panel de altavoces.																
• AV																	
• Rostro(s)	E_v @4' AFF						Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh						2:1				
• Superficie para tareas	E_h @2' 6" AFF	Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh											2:1				
• Sin AV	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1				
• Multipropósito	Alto grado de flexibilidad (probablemente asientos sueltos)																
• Armado	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																
• Audiencia																	
• AV y Notas	Se pretende tomar notas. Eh @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1				
• AV sin Notas	No se pretende tomar notas E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1				
Presentaciones Características	E_h @piso; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1				
• AV sin Notas	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1				
Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.																
Presentaciones Características								10	10	10	Max	2:1					
• Referencia periódica								50	50	50	Max	2:1					
• Altavoz/panel	Iluminación en el altavoz o panel de altavoces.																
• AV																	
Rostro(s)	E_v @4' AFF						Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh						2:1				
Superficie para tareas	E_h @2' 6" AFF	Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh											2:1				
• Sin AV	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1				

Tabla 24.2 1 Recomendaciones de iluminación para instalaciones educativas continúa en la página siguiente

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
AUDITORIA	(Continuación de multipropósito)										
• Baile (social)	E_h @piso baile ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Exhibición	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Estudio	Papel típico y/o PC	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Pruebas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF										
· Combinación	Papel típico y/o PC	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Sólo PC	CSA/ISO Tipo I y II negativo pantallas polarizadas[i]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Sólo papel	Variedad de tareas en papel[i]	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Ejecución	Dedicado a representaciones artísticas (probablemente asientos fijos); Para salas dedicadas, consulte 28 / ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO										
• Casa	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
· Durante el evento	E_h @piso; E_v @4' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
· Pre/Post evento	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escenario											
· Acceso rampas/escaleras	Ver AUDITORÍA/Circulación										
· Producciones amateur											
· Baile (ejecución)	E_h y E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Demostración	E_h @3' AFF; E_v @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Música	E_h y E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Teatro	Simple, escenario sin iluminación especial E_h y E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Producciones profesionales	Iluminación del escenario según lo determine el equipo de producción; Consulte IES DG-201 Iluminación de escenarios **Una guía para la planificación de teatros y auditorios** para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica										
• Prefunción	Antesala o espacio de transición contiguo al auditorio										
• Durante el evento	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pre/Post evento, intermedio	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Gabinete de sonido y luz	Transición desde el vestíbulo o el vestíbulo contiguo al auditorio										
• Durante el evento	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	I	15	30	60	Prom.
• Pre/Post evento, intermedio	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
ENTRADAS AL EDIFICIO	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AULAS											
• Arte											
• Estudios de arte	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Artes Gráficas											
· Vitrinas											
· Arte fino	Ver 21/ ILUMINACIÓN PARA EL ARTE										

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	1.5:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min
AUDITORIA	(Continuación de multipropósito)											
• Baile (social)	E_h @piso baile; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
• Exhibición	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1
• Estudio	Papel típico y/o PC	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
• Pruebas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF											
· Combinación	Papel típico y/o PC	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1
· Sólo PC	CSA/ISO Tipo I y II negativo pantallas polarizadas[i]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
· Sólo papel	Variedad de tareas en papel[i]	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1
• Ejecución	Dedicado a representaciones artísticas (probablemente asientos fijos); Para salas dedicadas, consulte 28 / ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO											
• Casa	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.											
· Durante el evento	E_h @piso; E_v @4' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.	5:1/3:1
· Pre/Post evento	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1
• Escenario												
· Acceso rampas/escaleras	Ver AUDITORÍA/Circulación											
· Producciones amateur												
· Baile (ejecución)	E_h y E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.5:1
· Demostración	E_h @3' AFF; E_v @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	3:1
· Música	E_h y E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	2:1
· Teatro	Simple, escenario sin iluminación especial E_h y E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	2:1
Producciones profesionales	Iluminación del escenario según lo determine el equipo de producción; Consulte IES DG-201 Iluminación de escenarios **Una guía para la planificación de teatros y auditorios** para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica											
• Prefunción	Antesala o espacio de transición contiguo al auditorio											
• Durante el evento	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
• Pre/Post evento, intermedio	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1
• Gabinete de sonido y luz	Transición desde el vestíbulo o el vestíbulo contiguo al auditorio											
• Durante el evento	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	I	15	30	60	Prom.	5:1/3:1
• Pre/Post evento, intermedio	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1
ENTRADAS AL EDIFICIO	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES											
AULAS												
• Arte												
• Estudios de arte	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1
• Artes Gráficas												
· Vitrinas												
· Arte fino	Ver 21/ ILUMINACIÓN PARA EL ARTE											

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
AULAS	(Continuación de Artes Gráficas)										
• Permanente/Temporal	Premios, arte estudiantil, placas.										
Dimensional	E_h y E_v @ trabajos de arte										
Terminación oscura	<50% reflectancia	Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante					Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante				
Terminación clara	≥50% reflectancia	Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante					Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante				
Plana											
Horizontal	E_h y E_v @ trabajos de arte										
Terminación oscura	<50% reflectancia	Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante									
Terminación clara	≥50% reflectancia	Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante									
Vertical	E_h y E_v @ trabajos de arte										
Terminación clara	<50% reflectancia						Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante				
Terminación clara	≥50% reflectancia						Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante				
• Dibujo y Diseño	En un tablero o mesa de dibujo										
• Plano de Línea Azul	Véase también LECTURA Y ESCRITURA/Xerografía	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• CAD (exclusivamente)	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Ambos CAD y Papel	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; usar los controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen,										
• Mesa de Luz	Sobre mesa de luz	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Fotografías (inspección)											
Impresiones a Color o B/N	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Sala revelado de Negativos	Iluminancias de la arquitectura en iluminación en el frente de la caja de luz retroiluminada	K	25	50	100	Max	K	25	50	100	Max
• Sala del horno	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de Música	E_h y E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas Generales											
• Aprendizaje/Enseñanza	experiencia interactiva										
AV (dedicado a AV visual)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pizarra para tiza							Q	200	400	800	Prom.
Dedicado a pantallas VDT	CSA/ISO Tipo I y II negativo pantallas polarizadas[i] E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Copia masiva y escritura	Variedad de tareas en papel.[i] E_v @4' AFF E_h @2' 6";	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Tablero de tachuelas							N	75	150	300	Prom.
• Pizarra blanca							P	150	300	600	Prom.
• Economía Doméstica	En todas las áreas de prep. de alimentos y trabajo detallado.		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.
• Salón de Lectura	Ver AUDITORÍA/Salón de Lectura										
• Laboratorio Ciencias											
• Bancos	E_h @3'; E_v @4' 6" AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de Demostraciones	E_h @3' AFF; E_v @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Salas para Seminarios	Ver 22 I ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/CONFERENCIAS/Reuniones										

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					
2:1	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado e la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos (E_h) Horizontal: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades; Max:Prom. Prom.:Min Max:Min)	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
AULAS	(Continuación de Artes Gráficas)															
· Permanente/Temporal	Premios, arte estudiantil, placas.															
Dimensional	E_h y E_v @ trabajos de arte															
Terminación oscura	<50% reflectancia	Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante					Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante					4:1	✓	✓	✓	
Terminación clara	≥50% reflectancia	Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante					Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante					4:1	✓	✓	✓	
Plana																
Horizontal	E_h y E_v @ trabajos de arte															
Terminación oscura	<50% reflectancia	Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante										4:1	✓	✓	✓	
Terminación clara	≥50% reflectancia	Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante										4:1	✓	✓	✓	
Vertical	E_h y E_v @ trabajos de arte															
Terminación clara	<50% reflectancia						Prom. = 5 veces Eh del espacio circundante					4:1	✓	✓	✓	
Terminación clara	≥50% reflectancia						Prom. = 3 veces Eh del espacio circundante					4:1	✓	✓	✓	
· Dibujo y Diseño	En un tablero o mesa de dibujo															
· Plano de Línea Azul	Véase también LECTURA Y ESCRITURA/Xerografía	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6	✓		✓	
· CAD (exclusivamente)	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT															
· Ambos CAD y Papel	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; usar los controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo exigen,															
· Mesa de Luz	Sobre mesa de luz	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				
· Fotografías (inspección)																
Impresiones a Color o B/N	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6		✓	✓	
Sala revelado de Negativos	Iluminancias de la arquitectura en iluminación en el frente de la caja de luz retroiluminada	K	25	50	100	Max	K	25	50	100	Max	2:1 ver Cuadro 12.6		✓	✓	
· Sala del horno	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1	✓			✓
· Sala de Música	E_h y E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓	✓		✓
· Salas Generales																
· Aprendizaje/Enseñanza	experiencia interactiva															
AV (dedicado a AV visual)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1		✓		✓
· Pizarra para tiza							Q	200	400	800	Prom.	3:1	✓	✓	✓	
Dedicado a pantallas VDT	CSA/ISO Tipo I y II negativo pantallas polarizadas[i] E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	✓	✓		✓
· Copia masiva y escritura	Variedad de tareas en papel.[i] E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1	✓	✓		✓
· Tablero de tachuelas							N	75	150	300	Prom.	3:1	✓	✓	✓	
· Pizarra blanca							P	150	300	600	Prom.	3:1	✓	✓	✓	
· Economía Doméstica	En todas las áreas de prep. de alimentos y trabajo detallado.		500	500	500	Min	O	100	200	400	Prom.	ver Cuadro 12.6	✓		✓	
· Salón de Lectura	Ver AUDITORÍA/Salón de Lectura															
· Laboratorio Ciencias																
· Bancos	E_h @3'; E_v @4' 6" AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	ver Cuadro 12.6	✓	✓	✓	
· Área de Demostraciones	E_h @3' AFF; E_v @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	3:1	✓	✓	✓	
· Salas para Seminarios	Ver 22 I ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/CONFERENCIAS/Reuniones															

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
AULAS	(continuación)										
• Tiendas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF. **Ver también 30/ ILUMINACIÓN PARA FABRICACIÓN.**										
• Armado	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Inspección	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Mecanizado	Banco de trabajo mediano	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Carpintería	Proceso fino	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Salones de Estudio		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
CONFERENCIAS	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
DORMITORIOS											
• Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/ Corredores de circulación										
• Dormitorio											
• Lectura Casual	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Escritorio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Ascensores	**Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN /Ascensores**										
• Entradas	**Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADA A EDIFICIOS**										
Escaleras Mec./Pasillos mec.	**Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Escaleras mecánicas/Pasillos móviles**										
Galería (Trabajo Estudiantil)	E_h y E_v @trabajos de arte	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de Juegos											
• Electrónica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Tradicional	E_h @mesas; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Cocina											
con equipamiento extra	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Institucional	**Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos**										
• Uso estudiantil	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Lavandería	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sala de Estar	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vestíbulos	**Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN /Vestíbulos**										
• Buzones	E_h @piso; E_v @ Cara de buzones	K	25	50	100	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salón Multimedia	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Mutipropósito	E_h @2' 6" AFF; E_v @paredes con vitrinas	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Baños	**Ver BAÑOS/ SALA DE CASILLEROS**										
SERVICIO DE COMIDA	**Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES**										
IT	**Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES**										
BIBLIOTECAS	**Ver 29 / ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS**										
ESTACIONAMIENTO	**Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES**										
VÍAS PEATONALES	**Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES**										

24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Cuadro 12.6		X	X	X	
	ver Cuadro 12.6		X	X	X	
	ver Cuadro 12.6		X	X	X	
	ver Cuadro 12.6		X	X	X	
	2:1		X	X		X
	ver Cuadro 12.6		X	X	X	
	ver Cuadro 12.6		X	X	X	
	4:1		X			X
	3:1		X	X	X	
	3:1		X	X		X
	ver Cuadro 12.6		X		X	
	ver Cuadro 12.6		X		X	
	ver Cuadro 12.6		X		X	
	3:1		X			X
	3:1		X			X
	3:1		X	X		X
	3:1		X			X

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado e la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
AULAS	(continuación)															
• Tiendas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF. Ver también 30/ ILUMINACIÓN PARA FABRICACIÓN.															
• Armado	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Inspección	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Mecanizado	Banco de trabajo mediano	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Carpintería	Proceso fino	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Salones de Estudio		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1				
CONFERENCIAS	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
DORMITORIOS																
• Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/ Corredores de circulación															
• Dormitorio																
• Lectura Casual	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Escritorio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1				
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN /Ascensores															
• Entradas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADA A EDIFICIOS															
Escaleras Mec./Pasillos mec.	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Escaleras mecánicas/Pasillos móviles															
Galería (Trabajo Estudiantil)	E_h y E_v @trabajos de arte	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1				
• Sala de Juegos																
• Electrónica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
• Tradicional	E_h @mesas; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Cocina																
con equipamiento extra	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Institucional	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos															
• Uso estudiantil	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Lavandería	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
• Sala de Estar	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.					
• Vestíbulos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN /Vestíbulos															
• Buzones	E_h @piso; E_v @ Cara de buzones	K	25	50	100	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1				
• Salón Multimedia	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
• Mutipropósito	E_h @2' 6" AFF; E_v @paredes con vitrinas	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1				
• Baños	Ver BAÑOS/ SALA DE CASILLEROS															
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
IT	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
BIBLIOTECAS	Ver 29 / ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS															
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
VÍAS PEATONALES	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															

24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LECTURA Y ESCRITURA											
• Computación	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Lectura Electrónica											
Sistem. Electrónicos de Tinta	E_h y E_v @altura dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Sistemas LCD o LED	E_h y E_v @altura dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Facsímiles											
• Análogo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Trabajo Escrito a Mano	Basado en caligrafía/impresión manual de regular a buena en papel blanco o canario										
• Lápiz											
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Bolígrafo/Rodillo/Fibra											
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo, Verde, Azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• PC	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Diapositivas (proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Impresión Media	Papel blanco generado por prensa de impresión digital										
• Caracteres de 6 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Caracteres de 8 y 10 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Caracteres de 12 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantalla VDT y teclado											
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16/ Cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO										
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• CSA/ISO Type III	Consulte la Figura 12.16/ Cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO										
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pizarra blanca											
• Análoga o Digital											
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.
· Lectura (con presentador)	Presentador en pizarra						P	150	300	600	Prom.
• Xerografía	Generado por fotocopiadora e impresora en papel blanco.										
Gráficos comunes ≥8 puntos	(Seleccione progresivamente la siguiente categoría de letra superior de iluminancia para cada disminución de 2 puntos en fuentes/gráticos)										
· Color											
· Análogo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Escala de grises y/o Impresión B+N											
· Análogo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1				j	j
	2:1				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j
	ver Cuadro 12.6				j	j

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado e la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min
LECTURA Y ESCRITURA												
• Computación	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT											
• Lectura Electrónica												
Sistem. Electrónicos de Tinta	E_h y E_v @altura dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1
• Sistemas LCD o LED	E_h y E_v @altura dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
• Facsímiles												
• Análogo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Trabajo Escrito a Mano	Basado en caligrafía/impresión manual de regular a buena en papel blanco o canario											
• Lápiz												
• Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Bolígrafo/Rodillo/Fibra												
• Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Rojo, Verde, Azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
• PC	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT											
• Diapositivas (proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Impresión Media	Papel blanco generado por prensa de impresión digital											
• Caracteres de 6 puntos												
• Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
Caracteres de 8 y 10 puntos												
• Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Caracteres de 12 puntos												
• Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Pantalla VDT y teclado												
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16/ Cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO											
• Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• CSA/ISO Type III	Consulte la Figura 12.16/ Cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO											
• Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Pizarra blanca												
• Análoga o Digital												
• Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.	3:1
• Lectura (con presentador)	Presentador en pizarra						P	150	300	600	Prom.	3:1
• Xerografía	Generado por fotocopiadora e impresora en papel blanco.											
Gráficos comunes ≥8puntos	(Seleccione progresivamente la siguiente categoría de letra superior de iluminancia para cada disminución de 2 puntos en fuentes/gráficos)											
• Color												
• Análogo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
Escala de grises y/o Impresión B+N												
• Análogo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6

Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
DEPORTES											
• Deportes Competitivos	Ver 35/ ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN										
•Casa de Campo	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Gimnasia											
• Asamblea	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Deportes Competitivos	Ver 35/ ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN										
Exhibición/Actividades Generales	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Educación Física	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Sala de Casilleros	Ver BAÑOS/SALAS DE CASILLEROS										
• Piscina	Ver 35/ ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN										
ESPACIOS DE SOPORTE											
• Guardarropa o sala Guardarropas	Eh @3'; Ev @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas Copiado/Impresión											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Closet del Conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Envío											
• Muelle de Carga	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Acopio	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenaje											
• Comida	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos										
• Uso Frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso no Frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
BAÑOS/SALA DE CASILLEROS	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Pasarelas Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras, pero con un mín ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras,				
• Estudio-Descanso/Pasillos	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Con Casilleros	E_v en la cara del casillero @4' AFF						K	25	50	100	Prom.
• Elevadores											
• Carga											
• Cabina Interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Cabina Exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Cabina Interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado e la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) — Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
DEPORTES																		
• Deportes Competitivos	Ver 35/ ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN																	
• Casa de Campo	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1					
• Gimnasia																		
• Asamblea	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					
• Deportes Competitivos	Ver 35/ ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN																	
Exhibición/Actividades Generales	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Educación Física	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1					
• Sala de Casilleros	Ver BAÑOS/SALAS DE CASILLEROS																	
• Piscina	Ver 35/ ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN																	
ESPACIOS DE SOPORTE																		
• Guardarropa o sala Guardarropas	Eh @3'; Ev @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Salas Copiado/Impresión																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Closet del Conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Recepción/Envío																		
• Muelle de Carga	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Recepción/Acopio	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1					
• Almacenaje																		
• Comida	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos																	
• Uso Frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1					
• Uso no Frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1					
BAÑOS/SALA DE CASILLEROS	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																		
• Corredores de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.																	
• Pasarelas Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras, pero con un mín ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como lo requieran las cámaras,						2:1					
• Estudio-Descanso/Pasillos	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1					
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Con Casilleros	E_v en la cara del casillero @4' AFF						K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Elevadores																		
• Carga																		
• Cabina Interior	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Umbral																		
• Cabina Exterior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Cabina Interior	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					

Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas continúa en la página siguiente

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(Ascensores continuación)										
• Pasajero											
• Cabina interior	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Cabina Exterior	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Cabina interior	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Entradas a Edificios										
Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos											
Circulación/ Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe ayudar a la adaptación al pasar hacia/desde el exterior.										
• Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Lejos de las entradas	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantallas											
• Estuches de Premios/Trofeos	Ver AULAS/Artes/Artes Gráficas/Exhibiciones										
Tableros de publicaciones							N	75	150	300	Prom.
• Mostrador de información		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salones											
• Lectura placentera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Social		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Áreas de Recepción/Espera											
• Mesón de Recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de Espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Alta actividad [l]	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para el cuadro 24.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 24.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Ver Tabla 24.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 24.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas exteriores.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado e la tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas que el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Alternativamente, diseñar para tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

j. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o área designada". Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la "Tarea propiamente dicha o al Área de tareas".

k. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentado. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Consulte la Tabla 22.4 Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas viene de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(Ascensores continuación)													
• Pasajero														
• Cabina interior	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1		■
• Umbral														
• Cabina Exterior	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1	■	
• Cabina interior	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1	■	
• Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Entradas a Edificios													
Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1	■	
• Vestíbulos														
Circulación/ Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.													
En las entradas del edificio	Muy cerca del exterior. La iluminación debe ayudar a la adaptación al pasar hacia/desde el exterior.													
• Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1		■
• Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1		■
• Lejos de las entradas	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1		■
• Pantallas														
• Estuches de Premios/Trofeos	Ver AULAS/Artes/Artes Gráficas/Exhibiciones													
Tableros de publicaciones							N	75	150	300	Prom.	3:1	■	
• Mostrador de información		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6	■	
• Salones														
• Lectura placentera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6	■	
• Social		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1		■
• Áreas de Recepción/Espera														
• Mesón de Recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Cuadro 12.6	■	
• Áreas de Espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1		■
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.													
• Alta actividad [i]	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1		■
• Vigilancia en vivo	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1		■
• Típico	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1		■

Cuadro 24.3 | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	Conversión Tosca
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	Conversiones Convenientes [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

La iluminación de presentaciones audiovisuales depende en gran medida del medio de presentación y del uso previsto. La mayoría de los sistemas de visualización disponibles exhiben luminancias y resoluciones que hacen que las presentaciones sean fácilmente visibles en muchas condiciones de iluminación en el aula. Si las presentaciones en pantalla electrónica dedicada, es decir, la visualización exclusiva de la pantalla, son parte de la pedagogía, entonces se deben tomar medidas para cumplir con los criterios citados en la Tabla 24.2 para AULAS/Aulas generales/Aprendizaje/enseñanza/AV (visualización AV dedicada). Esto puede requerir una escena preestablecida separada y el despliegue de cortinas de luz natural.

El éxito de la iluminación natural se facilita cuando se produce un funcionamiento fluido y sencillo para el instructor de los mecanismos eléctricos y de iluminación natural, como las cortinas. El instructor debe tener fácil acceso a las variaciones funcionales, incluido el oscurecimiento de la sala para AV. Para las aulas, estos aspectos merecen especial atención:

1. Automatizar la atenuación o informar al cliente sobre la funcionalidad de atenuación escalonada

2. Utilizar instructores de anulación de atenuación simple para iluminar u oscurecer las habitaciones según sea necesario

3. Cuidado en el diseño de cualquier iluminación natural en las elevaciones este y oeste en relación con el deslumbramiento

4. Automatizar el tratamiento de ventanas o aprovechar los instructores sobre la operación manual conveniente y el tiempo de uso esperado

5. Introducir aberturas de luz natural en orientaciones diferentes a las posiciones de instrucción primaria o secundaria o posiciones de exhibición/presentación

6. Organizar el acristalamiento para permitir suficiente espacio en la pared para colocar material didáctico, trabajo de los estudiantes, etc.

7. Mantener cierto grado de vista exterior

8. Evitar diseños con luz natural que requieran un despliegue de sombra casi continuo o completo

9. Realizar simulaciones de luz natural para limitar las áreas de iluminación excesiva y ayudar con la transmitancia del acristalamiento y las selecciones de tratamientos de sombreado [5] [6] [7] [8]

Los laboratorios, tiendas industriales y de electrónica y estudios de arte pueden tener requisitos especiales relacionados con los tipos de luz necesarios para los procesos y la visualización y relacionados con los tipos de luminarias apropiadas para los peligros del medio ambiente. Estos requisitos especiales deben identificarse en la programación e investigarse durante el diseño. Esto puede involucrar a proveedores de equipos, salas o stands especiales, que muchas veces se compran como paquetes llave en mano. La determinación de las necesidades de iluminación requiere una estrecha coordinación entre el equipo de diseño, el cliente y los proveedores de paquetes llave en mano. Algunos ejemplos y necesidades de iluminación relacionadas son:

1. Campanas extractoras y cabinas de pintura y acabado: Cuando los paquetes de campanas extractoras o cabinas de pintura o acabado no incluyen iluminación integral, es necesario diseñar la iluminación para la ubicación peligrosa. Ver Tabla 25.4 | Clasificaciones de Ubicaciones Peligrosas.

2. Servicio, creación de prototipos y experimentación de vehículos motorizados: es necesario el diseño de iluminación para lugares peligrosos. Ver Tabla 25.4 | Clasificaciones de lugares peligrosos.

3. Estaciones de experimentos de laboratorio y cabinas de observación: Cuando los proveedores de equipos o cabinas no proporcionen iluminación integral, se deben establecer las necesidades de iluminación. Cuando los procesos involucran productos químicos peligrosos, es necesario diseñar iluminación para lugares peligrosos. Cuando los procesos sean espectralmente sensibles, como algunos procedimientos de curado, seleccione las lámparas en consecuencia. Cuando los procesos sean sensibles al espectro y a la intensidad, como el crecimiento de las plantas, seleccione las lámparas en consecuencia. En algunas situaciones, es posible que las luminarias deban adaptarse a procedimientos de lavado o pulverización de agua dirigida, en cuyo caso son necesarias luminarias con clasificación húmeda y que deben tener clasificaciones IP específicas para la situación. Ver 15.1.2.1 Luminarias. Se debe considerar bien el mantenimiento y limpieza de los equipos de iluminación en las áreas de proceso. Cuando el lavado sea conveniente o necesario debido a los procesos de la tarea, el equipo de iluminación debe especificarse en consecuencia. Donde la discriminación de colores es importante para el proceso de la tarea, como evaluar reacciones químicas en experimentos o color de pintura y combinación o calidad de acabado en talleres, es posible que el CRI deba ser >90 y el CCT deba ser 5000 K o 6500 K. Consulte también la Tabla 6.1 | Preguntas de Diseño Relacionadas con el Color.

En cualquiera de las aplicaciones del aula, los sistemas de control son clave para proporcionar variación funcional, integración de la luz natural y operación sencilla para el instructor.

Las figuras 24.3, 24.4 y 24.5 ilustran algunas técnicas de iluminación del aula.



FIGURA 24.3 | PIZARRAS

La iluminación de las pizarras mejora enormemente su visibilidad y mantiene mejor la atención del observador. La luz tenue crea una fuerte luminancia cerca de la fuente de luz. La colocación de iluminación en la habitación para iluminar la parte inferior del tablero puede equilibrar este efecto. Las luminarias en voladizo desde la pared o el cielorraso o empotradas en el cielorraso a cierta distancia del tablero son más efectivas cuando la óptica proporciona una distribución asimétrica de luz relativamente difusa orientada hacia el tablero (ver iluminación de pared en los tableros blancos en la Figura 24.4) » Imagen ©Peter M. Fisher/CORBIS

LESH/10e CSA/ISO *> 12.5 Factores de tarea*

• *para obtener información sobre las cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO*



FIGURA 24.4 | ILUMINACIÓN ELÉCTRICA Y NATURAL

El triforio continuo ofrece una oportunidad para aprovechar la luz natural a lo largo de la mitad del salón de clases más cercana a la pared exterior. Las luminarias colgantes lineales del aula presentan dos lámparas en sección transversal. En la luminaria perimetral ❶ las filas de lámparas están cableadas para dos zonas de control. La fila de luces exteriores (la fila de luces más cercana al exterior) se enciende por separado de la fila interior. Cuando una fotocélula detecta que hay suficiente luz natural, una fila se apaga automáticamente. La zona que se extingue se puede alternar diariamente para igualar y extender la vida útil de los balastos y las lámparas. Si no se considera demasiado perturbador, ambas filas de lámparas podrían apagarse cuando haya suficiente luz natural disponible, y este es el enfoque típico. Ningún tratamiento de ventana puede ser un enfoque exitoso en fachadas norte y donde T_{vis} tiene un valor moderado, pero eso depende de la ubicación geográfica, las condiciones típicas del cielo y las revisiones de las simulaciones de luz diurna. De lo contrario, las cortinas automáticas son las mejores. Los bañadores de pared se utilizan para resaltar las pizarras blancas ❷. Los controles establecen escenas preestablecidas que apagan estas luminarias durante las presentaciones AV. Los sistemas de proyección actuales son lo suficientemente potentes como para permitir la visión en condiciones de plena luz. Esto es útil cuando la presentación se combina con tareas tradicionales de lectura y escritura. Sin embargo, para optimizar las condiciones de visualización y maximizar el ahorro de energía, es necesaria la instrucción del personal sobre el uso de los controles. Los acabados mate de alta reflectancia para paredes y techos mejoran en gran medida la eficacia de la luz natural y eléctrica ❸.

© » Imagen ©Bill Lindhout Photography

24.2.6 CONFERENCIAS

La iluminación de las instalaciones para conferencias se aborda en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Cuando las instalaciones para conferencias son esencialmente salas de reuniones de usos múltiples, se utilizan controles para establecer entornos apropiados para diversas tareas. La figura 24.6 ilustra un aula dedicada a videoconferencias.

24.2.7 DORMITORIOS

La iluminación para vivir tiene tanto que ver con el confort visual, el sentido de pertenencia al lugar y la distinción de los entornos administrativos y de aula como con los valores de iluminancia. Gran parte de la iluminación para aplicaciones de dormitorios está orientada a tareas o es ambiental de nivel relativamente bajo. Este enfoque más discreto de la iluminación combinado con los típicos grupos de edad tiene una ventaja adicional en cuanto a la baja carga conectada. Con sensores de ocupación, esto produce un bajo consumo de energía. Dependiendo de la naturaleza de las instalaciones de los dormitorios, se aplicarán los criterios citados en 28 | La ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO puede ser adecuada. Por ejemplo, los dormitorios pueden usarse como alojamiento para ejecutivos de negocios en misiones educativas y de capacitación de varias semanas. Algunos mercados escolares y académicos esperan y asumirán el costo de las viviendas de lujo.

24.2.8 SERVICIO DE ALIMENTOS

La iluminación para el servicio de alimentos se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

24.2.9 IT

La iluminación para tareas de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

24.2.10 BIBLIOTECAS

La iluminación de las bibliotecas se analiza en 29 | ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS.

24.2.11 ESTACIONAMIENTO

La iluminación de los estacionamientos se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

24.2.12 VÍAS PEATONALES

La iluminación de las vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

24.2.13 LECTURA Y ESCRITURA

3

62222222++Las tareas de lectura y escritura ocurren dentro de varias aplicaciones. La familiaridad con estas tareas ayudará con la evaluación de tareas y actividades de aplicaciones específicas. Esto puede resultar en la recomendación de criterios de iluminancia diferentes a los propuestos en la Tabla 24.2 para una aplicación particular. Por ejemplo, si se sabe que las tareas de computadora en AUDITORIA/Multipropósito/Pruebas o aquellas en AULAS/Aula general/Pantallas VDT dedicadas involucran pantallas de polaridad negativa CSA/ISO Tipo III, entonces la cita de la tarea en LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla VDT y Teclado/CSA/ISO Tipo III/Polaridad negativa es una recomendación apropiada y debe deliberarse con el cliente. La Figura 24.7 ilustra una aplicación de laboratorio de computación con pantallas de polaridad positiva CSA/ISO Tipo I.

24.2.14 DEPORTES

Dependiendo del tamaño y alcance de los programas deportivos, si los hay, el diseñador de iluminación puede encontrar criterios más apropiados discutidos en 36 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN. En la Tabla 24.2 se hacen recomendaciones cuando se programa una casa de campo básica o donde se utiliza un gimnasio para asambleas y clases de educación física.

24.2.15 ESPACIOS DE APOYO

Estas citas relativamente internas se explican por sí solas.

24.2.16 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación de baños y vestuarios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Abordar las áreas funcionales de los accesorios, como inodoros, urinarios y tocadores, proporcionará suficiente luz donde sea necesaria sin iluminar demasiado toda la sala del baño. Los tocadores son problemáticos cuando se diseña poca o ninguna iluminancia vertical para iluminar un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros) frente a los espejos. Los detalles de las ranuras de la pared que iluminan las paredes superiores de colores claros sobre el espejo o luminarias empotradas en el cielorraso con lentes discretas o alguna combinación son técnicas apropiadas aquí. La luz vertical en las caras de los casilleros ayudará con el uso de los casilleros.

24.2.17 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La mayoría de estos espacios se explican por sí mismos, pero uno merece discusión. Los pasillos de adyacencia se refieren a una condición en la que las áreas de circulación están rodeadas por áreas de trabajo o tareas más grandes. Dada su adyacencia a las áreas de trabajo o tareas abiertas y visualmente accesibles, sus iluminancias, confinadas al pasillo propiamente dicho, deben ser proporciones de las iluminancias de tareas cercanas. Esto evita molestos contrastes dentro del entorno laboral. Para facilitar el mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares. La figura 24.8 ilustra los beneficios de la iluminación natural. La Figura 24.9 identifica algunos aspectos de iluminación asociados con las escaleras.



FIGURA 24.5 | LABORATORIO DE CIENCIAS

Los sistemas de iluminación ambiental y de tareas se combinan para lograr iluminancias horizontales y verticales en mesas y frentes. La iluminación de tareas con lentes está integrada en los soportes superiores de servicios públicos del laboratorio. Para el trabajo de laboratorio, las mesas se reconfiguran para que queden directamente centradas debajo de los soportes superiores de los servicios públicos del laboratorio. La iluminación ambiental se compone de luminarias lenticulares de 1x4. La fila exterior está estratégicamente ubicada (cerca del triforio en la parte superior de la imagen) para iluminar los gabinetes de almacenamiento con frente de vidrio. Las pizarras blancas se realzan con bañadores de pared rectilíneos empotrados en el cielorraso, iluminados con lámparas fluorescentes compactas y largas. Cada uno de estos tres sistemas de iluminación se controla por separado para adaptarse a una serie de situaciones de enseñanza.

» Imagen © Fotografía de Bill Lindhout

24.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando están completamente implementados, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Cortocircuitar la selección de criterios o el diseño con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas del peor de los casos seguramente resultará en insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, un resultado probable es no aprovechar al máximo la energía gastada o, peor aún, desperdiciar energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios temas descritos en la Tabla 24.2.

24.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 24.2 y pueden justificar criterios de iluminancia diferentes. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para tipos de espacios o funciones

cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica falla, revisar la lista en la Tabla 24.2 puede ser para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de determinación de iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones de desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

24.3.2 NOTAS

Las notas pueden hacer referencia a otros títulos de aplicaciones y tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica algún grado de aclaración, se toman notas.

24.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea bajo consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de pérdida de luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en el que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia según los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A efectos de sostenibilidad, ya no se puede presumir que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se aplaza o se practica mal o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede resultar inseguro y afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70 % o tal vez incluso tan baja como el 50 % de la vida útil nominal respecto a su calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de Lúmenes.



FIGURA 24.6 | VIDEOCONFERENCIA

Los sistemas de vídeo actuales y las pantallas planas de gran formato están disponibles con pantallas mate y muestran suficiente brillo para funcionar bien incluso cuando las iluminancias son relativamente altas y difusas. Estas iluminancias relativamente altas y difusas permiten la grabación/transmisión de imágenes de alta calidad de detalles faciales, vestimenta y tareas.

» Imagen ©Bryan Denton/Corbis



FIGURA 24.7 | PANTALLAS VDT

Las pantallas de polaridad positiva CSA/ISO Tipo 1 y II ofrecen un excelente contraste inherente. La iluminación indirecta o directa/indirecta generalmente produce condiciones de visualización sin reflejos para estas pantallas y no produce reflejos velados. El componente de iluminación indirecta refleja la luz difusa del cielorraso o, lo que produce iluminaciones verticales que facilitan el reconocimiento facial.

» Imagen ©Anderson Ross/Blend Images/Corbis



FIGURA 24.8 | ILUMINACIÓN NATURAL

Si la interpretación del código lo permite, la luz natural puede cumplir exclusivamente los criterios de iluminancia durante las horas de luz diurna. En algunas aplicaciones, como áreas de circulación, las iluminancias de luz diurna que exceden las recomendaciones de IES son aceptables, incluso deseables, siempre que se solucione el deslumbramiento. Sin embargo, cuando se hace la transición a espacios oscuros, como un auditorio de espectáculos, iluminar demasiado las áreas de circulación adyacentes es problemático.

» Imagen ©Emely/Corbis

Los objetivos citados son consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la Tabla 24.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, aunque no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical para la iluminación perimetral en situaciones de venta minorista en interiores, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las proximidades o de cualquier iluminancia que resulte de alcanzar la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito. En algunas situaciones, no se prevé ninguna luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o que se recomienda cero luz para la tarea o aplicación.

24.3.3.1 PLANOS DE DESTINO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea aproximadamente en una orientación horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar en consecuencia el objetivo de iluminancia. Puede

haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea deba aplicarse a un plano diferente. Por ejemplo, si se pretende utilizar un estudio de arte exclusivamente para pintar a caballete, entonces el objetivo de iluminancia citado en la Tabla 24.2, que es para una orientación horizontal dominante, debe aplicarse al plano de los caballetes. Sin embargo, esto obliga al diseñador a prestar atención a los problemas de deslumbramiento asociados con iluminancias verticales más altas.

Se espera que casi todas las tareas tengan tanto un componente de iluminancia horizontal (Eh) como un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a diversos aspectos de la tarea. En algunas aplicaciones, como los estudios de arte convencionales que se adaptan a una variedad de medios, formas de arte y géneros, las iluminancias de los planos horizontal y vertical abordan la situación común de un estudio en el que simultáneamente una obra o una parte de la obra se encuentra en planos horizontales mientras que otras obras o porción está en planos verticales. Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en "Notas". Por ejemplo, para la mayoría de los corredores (ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación), las iluminancias horizontales se aplican al plano del piso, mientras que las iluminancias verticales se aplican a la altura del plano de la cara de pie de 5' AFF orientada en las dos direcciones principales de viaje. En las escuelas primarias, el diseñador puede optar por establecer la elevación de la iluminancia vertical en 3' AFF. Es necesario establecer y seguir las orientaciones de las tareas y abordar la iluminancia tanto horizontal como vertical. Si las orientaciones del proyecto bajo consideración están programadas para invertirse de lo que podría considerarse visualización normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje horizontal o vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces se deben aplicar los criterios de iluminancia a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de luminarias y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para planos relacionados con objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas orientaciones en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían orientarse en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación. Por ejemplo, en la cocina de un dormitorio, Ev, en las superficies de preparación, el número y la orientación de los puntos planos verticales evaluados dependen de la superficie de preparación. En un mostrador contra una altura completa de pared, los planos verticales de mayor interés son el que mira hacia el preparador y los dos planos perpendiculares al preparador (uno orientado hacia la derecha y otro hacia la izquierda). Entonces, los criterios se aplican a estos tres planos. Sin embargo, en una isla o península que se puede utilizar desde más de un lado, son de interés cuatro planos.



FIGURA 24.9 | ESCALERAS

Las escaleras muy cargadas, que normalmente se encuentran durante el cambio de clase, requieren una iluminancia más alta que las de situaciones normales. Se utilizan controles, como relojes sincronizados con cambio de clase o sensores de ocupación, para ajustar la iluminación según los patrones de uso.

» Imagen ©Océano/Corbis

24.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. En muchos entornos educativos, más de la mitad del total de observadores tienen menos de 25 años. Aunque las implicaciones para el uso de energía son importantes, esto por sí solo no debería predeterminar los objetivos de iluminancia. Es probable que más de la mitad de los instructores, administradores y personal pertenezcan al grupo de edad de 25 a 65 años y sus tareas visuales abarcan una gama más amplia de tareas de lectura y escritura. Además, su capacidad para leer los rasgos faciales y la pronunciación de las palabras es importante para evaluar y dirigir el rendimiento de los estudiantes. El diseñador debe trabajar para conciliar la tarea, la edad y las diferencias de iluminancia posteriores. En algunas situaciones, el cliente podría aceptar seleccionar objetivos de iluminancia para personas menores de 25 años. En otras situaciones, el cliente podría exigir objetivos de iluminancia para personas entre 25 y 65 años. En otras situaciones, puede ser deseable iluminar las áreas de estudiantes con objetivos de iluminancia para personas menores de 25 años, mientras que las áreas de instructores con objetivos de iluminancia para personas entre 25 y 65 años de edad. Para un salón de clases, este enfoque de iluminación basado en la edad y las tareas tiene la ventaja de dirigir la atención de los estudiantes al área del instructor. En cualquier caso, el aspecto de las edades de los observadores, los conjuntos de tareas para los grupos de edad y los objetivos de iluminancia deben resolverse durante la programación con el cliente. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.

24.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Se muestran en la Tabla 24.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas de un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

24.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y que los criterios de uniformidad se supervisan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento objetivo, se cita "Promedio". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es “Min” o “Max” respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas en un Área Grande.

En cualquier caso, una vez establecidos los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Una asignación de ingeniería estándar de ±10 % podría ser aceptable para objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de Resultados Calculados.

24.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan junto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todo lo cual debe abordarse como parte del diseño para evitar molestias, deslumbramientos y tensiones visuales. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre el promedio de los valores de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican a las iluminancias tanto horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor de iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, especialmente en aquellas relacionadas con las iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importantes son la velocidad y la precisión y cuanto más exigente es la tarea visual, más ajustada es la proporción.

24.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

24.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación generalmente se atribuye a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de

las condiciones promedio es notable y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

24.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

24.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben abarcar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz diurna. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada, suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y regulación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas del día. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

24.3.6 REFLEJOS TIPO VELO

Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante o, peor aún, ambos, son propensas a velar reflejos. La probabilidad de que determinadas aplicaciones y tareas predispongan a velar los reflejos se indica mediante un icono de “luz reflejada”: el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad general y la dirección de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos velados pueden filtrarse o aislarse. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta, suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones Predeterminadas de Luminancia e Intensidad de Luminaria para Aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos velados. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos velados, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

LESH/10e CSA/ISO

> 12.5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las cualidades de la pantalla de computadora CSA/ISO

24.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones específicas del proyecto. Un área de cobertura es la “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea misma o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas. En algunas situaciones, como la acentuación, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar la “pared característica” o el “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o en el área de la tarea cumpla con los criterios de iluminancia descrito en la Tabla 24.2.

Otra área de cobertura es “habitación o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada normalmente está establecida por la distribución de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 24.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” daría como resultado cierta reducción de LPD en comparación con la cobertura de “habitación o área designada”. Si la tarea puede limitarse a un área en lugar de múltiples áreas, si la habitación o área en la que se ubica la tarea es en sí misma relativamente pequeña, como una oficina de un solo ocupante, y si los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | Si se abordan los COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito.

La figura 24.5 ilustra un laboratorio de ciencias donde se aplican sistemas de iluminación ambiental y de tareas. El área de tareas se considera la zona de la mesa de laboratorio, diseñada según criterios de iluminancia de “área de demostración”. El área de cobertura ambiental es toda la habitación.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación de un proyecto en particular.

24.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica de las instalaciones educativas y debe usarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones en exteriores, las lámparas y balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para la temperatura ambiente, condiciones algunas de las cuales son extremadamente calurosas y otras extremadamente frías. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los respectivos aspectos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas sostenibles y de eficiencia energética son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores previstos para utilizar el proyecto

• usar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de techos, paredes y pisos, respectivamente) en producción interior y espacios orientados al trabajo

• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• usar lámparas de la más alta eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• usar luminarias de la más alta eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• usar acentuar para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que simplemente cumplan con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según código de requisitos específicos, si los hay, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar el cumplimiento de todos los códigos, energía, sostenibilidad i criterios de IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y posterior disposición por parte del equipo, cliente, o AHJ

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas

RECURSOS ECONÓMICOS DE IESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | CIENCIAS ECONÓMICAS

• para obtener más información sobre la estimación de costos

• para obtener más información sobre los costos del ciclo de vida

• para más información sobre amortizaciones y tasas de rendimiento

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva Construcción

• para obtener más información sobre el diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y normas de iluminación y estándares

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para más información sobre las regulaciones de equipos

RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE IESH/10e

> 12.5.5.6 Iluminaciones exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en condiciones de adaptación mesópicas.

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre los criterios

IESH/10e RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD

> 13.11 Sostenibilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre los controles

• para obtener más recursos sobre la tierra

• para más información sobre energía

• para obtener más información sobre los análisis del ciclo de vida

• para más información sobre el diseño de iluminación

• para más información sobre el reciclaje

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio primordial del diseño y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró en ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe realizarse con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. El presupuesto debe incluir aportes del diseñador y diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, efectivamente, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

24.5 REFERENCIAS

[1] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. Table E5A. In: Electricity Consumption (kWh) by End Use for All Buildings, 2003 [Internet]. 2003. DOE. [cited December 23, 2008]. Available from: http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html#enduse03.

[2] [EPA] US Evironmental Protection Agency. High performance schools [Internet]. EPA. [cited August 22, 2010]. Available from: http://www.epa.gov/iaq/schooldesign/high-performance.html.

[3] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. Ch 12.

[4] [IESNA] Illuminating Engineering Society. Lighting for Educational Facilities. RP-3-00(R2006). New York: IESNA. 47 p.

[5] ASERTTI. 2010. Daylighting in schools, Zach Elementary School, Fort Collins, CO [Internat]. ASERTTI. [cited August 21, 2010]. Available from: http://www.asertti.org/programs/schools/daylighting/projects/zach.htm.

[6] ASERTTI. 2010. Daylighting in schools, Solon High School, Solon, IA [Internet]. ASERTTI. [cited August 21, 2010]. Availble from: http://www.asertti.org/programs/schools/daylighting/projects/solon.htm.

[7] ASERTTI. 2010. Daylighting in schools, Georgina Blach Intermediate School, Los Altos, CA [Internet]. ASERTTI. [cited August 21, 2010]. Available from: http://www.asertti.org/programs/schools/daylighting/projects/georgina.htm.

[8] ASERTTI. 2010. Daylighting in schools, Congress Elementary School, Milwaukee, WI [Internet]. ASERTTI. [cited August 21, 2010]. Available from:http://www.asertti.org/programs/schools/daylighting/projects/congress.htm.


©iStockphoto/Maciej Noskowski

25/ ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIA, SEGURIDAD Y VIGILANCIA

No sólo uso todo el cerebro que tengo, sino todo el que puedo pedir prestado.

Woodrow Wilson, 28.º presidente de los Estados Unidos

CONTENIDO

La colaboración en iluminación arquitectónica es imprescindible, como se demuestra en los demás capítulos de aplicación y diseño. El diseñador de iluminación arquitectónica (también conocido como diseñador de iluminación) debe trabajar con los diseñadores de arquitectura, interiores y paisaje para lograr el éxito del proyecto. Si el diseñador de iluminación no es ingeniero eléctrico, entonces la colaboración entre los dos puede beneficiar el proyecto en cuestiones de al menos iluminación de emergencia y quizás iluminación de seguridad. Los temas discutidos en este capítulo son por naturaleza bastante analíticos, aunque algunas discusiones describen aspectos estéticos y criterios IES en contexto con algunos criterios exigidos por el código relacionados con la iluminación de emergencia. También se aborda la iluminación para seguridad y protección.

Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA, 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA, y respectivos capítulos de aplicación relevantes al proyecto en cuestión. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los detalles de iluminancia relacionados con la iluminación de emergencia, seguridad y protección, que deberían influir en los criterios de iluminancia, las clasificaciones de luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (consulte 15.2 Un esquema de iluminación). El uso del material de este capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 14, 15 y los capítulos de aplicación relevantes probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Es decir, aunque la aplicación pueda considerarse compatible con

el código y segura, los usuarios pueden encontrar su utilidad para las funciones previstas inapropiada o inaceptable. Los documentos anteriores relacionados con IES sirven como fuentes de referencia de archivo [1].

La Tabla 25.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES relacionados con la iluminación de emergencia, seguridad y protección.

25.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto. El alcance y las asignaciones de trabajo asociadas con la iluminación de emergencia y seguridad deben entenderse claramente antes de comenzar el proyecto. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintos desafíos. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático.

25.2 TIPOS DE APLICACIONES

La iluminación de emergencia, seguridad y protección son quizás los mayores desafíos del equipo de diseño. Los códigos, ordenanzas y mandatos establecen los requisitos mínimos de construcción para proteger la salud, la seguridad y el bienestar públicos. Lo que sigue es indicativo más que exhaustivo.

Las recomendaciones de iluminación a lo largo de este manual se realizan sobre la base del rendimiento visual efectivo para las situaciones de aplicación y tarea previstas. Las recomendaciones de iluminación de seguridad y protección de la Tabla 25.2 deben revisarse con los conocimientos conocidos del proyecto y se debe realizar una evaluación de su relevancia para las diversas situaciones de aplicación y tareas del proyecto. Los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES citados a lo largo de este manual para cualquiera de las situaciones de aplicación y tarea y el diseñador debe diseñar en consecuencia o buscar una variación de la autoridad competente con jurisdicción (AHJ). Esto debería documentarse.

25.2.1 CÓDIGOS, ORDENANZAS Y MANDATOS

Es necesaria una revisión rigurosa por parte del equipo de diseño para identificar todos los códigos y ordenanzas que afectan la iluminación en cada proyecto. Los requisitos de estos códigos, ordenanzas y mandatos deben ser identificados y definidos por los profesionales registrados y autorizados. Independientemente de qué miembros del equipo de diseño aborden en última instancia estas citas, es necesario abordarlas todas. Los diseños para abordarlos deben coordinarse entre el equipo de diseño y probablemente involucren arquitectura, acabados interiores, materiales y contrastes, paisaje, ingeniería eléctrica e iluminación. Lo que sigue es una discusión sobre algunos temas relacionados con códigos y ordenanzas y sobre algunas prácticas comunes relacionadas con la iluminación para emergencias, seguridad y protección. Esto no es ni puede ser una recitación y revisión completa de todos los códigos, ordenanzas y mandatos que podrían ser aplicables a todos y cada uno de los proyectos en el momento de su diseño.

El trabajo realizado por instaladores y arquitectos e ingenieros autorizados y registrados debe cumplir con los códigos eléctricos y de seguridad humana. Cuando el diseñador de iluminación no sea uno de estos profesionales, entonces debe estar familiarizado con los códigos eléctricos y de seguridad humana. Esta familiaridad ayudará en los esfuerzos de diseño colaborativo y minimizará la probabilidad de que el diseñador de iluminación desarrolle diseños o selecciones de luminarias poco prácticas, imposibles o inapropiadas o, en el caso de iluminación de emergencia de los caminos de salida, puede ayudar a minimizar la necesidad de un sistema de iluminación de salida totalmente independiente del sistema de iluminación arquitectónica de potencia normal. Por lo general, existen ventajas económicas y estéticas al conectar algunos de los equipos del sistema de iluminación arquitectónica al sistema de energía de emergencia.

Cuadro 25.1 | Lista de Verificación de Iluminación de Emergencia, Seguridad y Protección

Tópicos
✔ Recursos de Criterio y Diseño
Códigos
Tabla 12.9/ Factores Prescritos Típicos de Diseño de Iluminación
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Illuminance
Este Capítulo: Cuadro 25.2
4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia
12.S.5.6 Iluminaciones Exteriores Nocturnas
Tabla 22.2 (ENTRADA AL EDIFICIO)
Tabla 22.2 (ESPACIOS DE RANSICIÓN/Pasillos de circulación)
Tabla 22.2 (ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores)
Tabla 22.2 (ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Escaleras mecánicas)
Tabla 22.2 (TRANSICIÓN ESPACIOS/Controles de Seguridad)
Tabla 22.2 (ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Escaleras)
Distribución Luminosa
8.2.2.4 Clasificación de Distribución IES de Luminarias de Exterior
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 25.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo

Los códigos, ordenanzas y mandatos (requisitos legales) relevantes se definen y se aplican a discreción de la autoridad competente y pueden ser diferentes de un proyecto a otro y de un lugar a otro. No es raro que se requieran diferentes versiones del mismo código en diferentes proyectos. Estos deben ser identificados y sus implicaciones revisadas y documentadas por el equipo de diseño al principio del proyecto. Los alcances del trabajo deben estar claramente delineados en ese momento para evitar confusiones posteriores o la posibilidad de problemas de incumplimiento.

Cuadro 12.9 | Los Factores Típicos de Diseño de Iluminación Prescritos ofrecen una breve lista de algunos códigos, ordenanzas y mandatos relevantes junto con algunos programas de certificación. Esta es una lista tentativa y no debe considerarse exhaustiva ni siquiera completa. Consulte la Sección 12.7 Factores Prescritos. En Estados Unidos hay una proliferación de requisitos legales. Algunos de estos entran en conflicto entre sí. Algunos entran en conflicto con las prácticas sostenibles. El equipo de diseño debe identificar todos los códigos, ordenanzas y mandatos que se aplican a un proyecto, identificar conflictos y determinar su resolución. Posteriormente, el equipo debe identificar aquellos que se

consideren innecesariamente restrictivos para los objetivos del proyecto, desarrollar una propuesta de resolución y consultar con la autoridad competente. Cuando esté involucrada más de una autoridad competente, será necesario determinar qué autoridad y código tienen prioridad. Normalmente, los códigos relacionados con la seguridad humana anulan los requisitos conflictivos de otros códigos, ordenanzas y mandatos.

25.2.1.1 PRESCRIPCIONES DEL CÓDIGO PARA EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

Todos los equipos de iluminación, incluidos, entre otros, balastos, controladores, transformadores y lámparas, y las luminarias que combinan estos componentes en contenedores productores de luz adecuados para su instalación en la aplicación prevista y los controles de iluminación deben o debe cumplir con las expectativas operativas y de seguridad básicas. Underwriters Laboratories (UL) en Estados Unidos, Canadian Standards Association (CSA) en Canadá y Norma Oficial Mexicana (NOM) en México han definido estándares según los cuales los equipos de iluminación deben certificarse para sus respectivos mercados de uso. En cada país de América del Norte, los organismos de certificación autorizados por el gobierno prueban y certifican equipos de iluminación según los estándares respectivos para diversas aplicaciones, como aplicaciones en lugares húmedos. Por ejemplo, en los Estados Unidos, los laboratorios de pruebas reconocidos a nivel nacional (NRTL) realizan pruebas de certificación según los estándares UL. Una certificación exitosa da como resultado la inclusión y el etiquetado según los estándares UL, lo que se evidencia mediante el etiquetado en el componente o luminaria respectivo. Aunque las excepciones son posibles y a veces justificadas, en general no se debe renunciar a la inclusión y el etiquetado. UL/CSA/NOM se utiliza como referencia genérica a lo largo de este manual para las normas y certificaciones relacionadas y las pruebas, listados y etiquetados asociados para equipos de iluminación en los respectivos países. UL/NRTL es una referencia general al procedimiento en los EE. UU. mediante el cual uno de los muchos laboratorios de pruebas prueba, enumera y etiqueta productos según los estándares UL.

Además de las expectativas operativas y de seguridad básicas, los equipos de iluminación deben cumplir criterios para su aplicación o uso. El Código Eléctrico Nacional (NEC) de Estados Unidos, el Código Eléctrico Canadiense (CEC) y el Código Eléctrico Mexicano (MEC) establecen requisitos de aplicación para equipos de iluminación.

APLICACIONES EN UBICACIONES PELIGROSAS

Los criterios de seguridad de los equipos son diferentes para diferentes aplicaciones. Cuando el programa de diseño, el arquitecto o ingeniero registrado y con licencia, o la autoridad competente identifiquen aplicaciones como peligrosas, los equipos y controles de iluminación deben especificarse en consecuencia. La Tabla 25.4 identifica la matriz de categorías de ubicaciones peligrosas de NFPA 70 (Código Eléctrico Nacional), un código de los Estados Unidos. El diseñador de iluminación debe buscar instrucciones específicas de los profesionales del equipo registrados y con licencia sobre las categorías peligrosas apropiadas para una aplicación, habitación o área determinada. Por ejemplo, una ubicación peligrosa Clase I, División 2, Grupo D, T1 requiere equipos de iluminación que exhiban esas clasificaciones.

OTRAS APLICACIONES DE UBICACIÓN

Los equipos para todas las demás ubicaciones deben probarse, enumerarse y etiquetarse adecuadamente para esas aplicaciones respectivas. Se encuentran disponibles guías de referencia sobre las marcas de listado disponibles para luminarias para muchas aplicaciones [3] [4]. El diseñador debe controlar, por ejemplo, si la aplicación prevista es seca, húmeda o mojada. Si está mojada, ¿es probable que la luminaria reciba un rocío directo de agua o se sumerja? Si se sumerge, ¿a qué profundidad se mantendrá durante la vida útil de la instalación, excepto para mantenimiento, o habrá períodos prolongados de sequedad, pero se espera que la luminaria continúe funcionando o cese el funcionamiento? Existen numerosas subcategorías y ramas de procedimientos de prueba y calificación. El diseñador debe determinar la aplicación prevista y los requisitos del producto de investigación. Las luminarias deben especificarse en consecuencia.

CLASIFICACIONES DE LUMINARIAS REQUERIDAS O DESEADAS

El diseñador debe revisar la programación con respecto al código, las ordenanzas y los requisitos obligatorios para la seguridad de los equipos de iluminación y con los requisitos o sugerencias de prácticas del cliente, del equipo o ajenas a la industria de la iluminación. No es raro diseñar iluminación para cumplir también con otros estándares para aplicaciones como salas limpias, áreas de contención, investigación, desarrollo y producción farmacéutica y procesamiento de alimentos. Algunas de estas normas podrían estar codificadas por la autoridad competente, mientras que otras podrían imponerse o sugerirse con buenas intenciones, pero sin conocerse su procedencia en materia de iluminación. El diseñador debe identificar aquellos que se consideren válidos para las tareas e iluminación involucradas y revisarlos con el equipo y el cliente. Cuando surjan conflictos con requisitos legales o buen criterio luminoso, éstos deberán resolverse con las partes pertinentes.

La potencia normal *es una referencia a la electricidad que normalmente se utiliza cuando el local está ocupado. Cuando esta energía normal fluye hacia el equipo de iluminación arquitectónica, se obtiene iluminación arquitectónica de energía normal.*

La energía de emergencia *es una referencia a la electricidad proporcionada para su uso cuando falla el suministro de energía normal. Cuando esta energía de emergencia fluye hacia equipos de iluminación arquitectónica o equipos de iluminación de emergencia o alguna combinación, se produce iluminación de emergencia.*

INSTALACIÓN

Se espera que el contratista siga los requisitos de instalación establecidos por los códigos y los fabricantes. Aunque no es responsabilidad del diseñador, se recomienda cierta familiaridad con los aspectos de la instalación. El diseñador de la iluminación, si no es también el arquitecto o ingeniero registrado y autorizado en el proyecto, debe coordinar las especificaciones de la luminaria con respecto a cualquier instalación y otros requisitos de aplicación según lo indiquen los profesionales registrados y autorizados. Por ejemplo, esto puede incluir clips antisísmicos y cables de seguridad u otros elementos similares que afecten a la seguridad del equipo y que puedan especificarse como parte de las luminarias. Las cajas de conexiones que soportan luminarias que pesan 50 libras o menos deben estar clasificadas e instaladas adecuadamente para soportar el peso de la luminaria. De lo contrario, la luminaria deberá sostenerse de forma independiente. Para candelabros de más de 50 libras, por ejemplo, se necesita soporte independiente, así como soporte independiente adicional para acomodar uno o varios cables de seguridad. Este trabajo de soporte estructural debe ser coordinado por los profesionales registrados con el instalador y puede involucrar a ingenieros estructurales. También puede ser necesaria la coordinación con el fabricante del equipo de iluminación especificado.

Cuadro 25.2 | Recomendaciones de Iluminación de Seguridad y Protección

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		<25	25-65	>65		<25	25-65	>65	
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
SEGURIDAD,BÁSICA	Criterios de iluminancia predeterminados únicamente para una circulación básica segura, normalmente en situaciones interiores que no son sensibles a la luz. Consulte SEGURIDAD, OSCURIDAD para situaciones sensibles a la luz.								
• Alto Grado de Peligros	Es necesario un alto grado de detección visual. Se caracteriza por objetos pequeños, de bajo contraste o inconsistentes, o cambios superficiales o planos.								
Actividad con Alta Circulación [i]	Caracterizado por períodos de alto conteo de personas. E_h @PISO.								
• Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	40	40	40	Min				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	50	50	50	Min				
• Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	75	75	75	Min				
• Actividad con Circulación Media [i]	Tipificado por períodos medianos de conteo de personas. E_h @PISO.								
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	20	20	20	Min				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	30	30	30	Min				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	40	40	40	Min				
• Actividad con Circulación Baja [i]	Caracterizado por períodos de bajo conteo de personas. E_h @PISO.								
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	10	10	10	Min				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	20	20	20	Min				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	30	30	30	Min				
• Bajo Grado de Peligros	Es necesario un bajo grado de detección visual. Caracterizado por objetos grandes, de alto contraste o consistentes o cambios de superficie o planos.								
Actividad con Alta Circulación [i]	Caracterizado por períodos de alto conteo de personas. E_h @PISO.								
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	8	8	8	Min				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	10	10	10	Min				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	15	15	15	Min				
• Actividad con Circulación Media [i]	Tipificado por períodos medianos de conteo de personas. E_h @PISO.								
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	6	6	6	Min				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	8	8	8	Min				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	10	10	10	Min				
• Actividad con Circulación Baja [i]	Caracterizado por períodos de bajo conteo de personas. E_h @PISO.								
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	4	4	4	Min				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	6	6	6	Min				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	8	8	8	Min				
SEGURIDAD,OSCURIDAD	Criterios de iluminancia predeterminados únicamente para una circulación segura, generalmente en situaciones interiores sensibles a la luz, como manipulación de películas fotográficas y auditorios, salones de baile, aulas, salas de conferencias y teatros durante presentaciones o actuaciones con luz enfocada.								
•Bajo Grado de Peligros	La situación de oscuridad predeterminada se basa en un bajo grado de detección visual necesaria y una baja actividad de circulación independientemente de la reflectancia de la superficie. De lo contrario ver SEGURIDAD BÁSICA.								
• Actividad con Circulación Baja [i]	Caracterizado por periodos de bajo tránsito peatonal. E_h @PISO.	2	2	2	Min				
PROTECCIÓN	Ver IESNA G-1 | Directriz sobre iluminación de Protección para Personas, Propiedades y Espacios Públicos para conocer los criterios en los que se considera necesaria la iluminación de seguridad. Normalmente aborda situaciones interiores y exteriores.								

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	2:1	10:1				
	5:1	20:1				

Notas para la Tabla 25.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 25.3 Criterios de iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia.
objetivos para un proyecto. Ver Tabla 25.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden
ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 25.3.1 Aplicación.
ciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones.
actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES.
menciones. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de velas de pie
Las variaciones de cualquier valor citado en la Tabla 25.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto-
menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
mi.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día.

g. Los trabajos con componentes especulares, como algunos suelos de piedra, son propensos a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: en blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 25.2 | Recomendaciones de Iluminación de Seguridad y Protección

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 ª relación E_h/2 ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SEGURIDAD, BÁSICA	Criterios de iluminancia predeterminados únicamente para una circulación básica segura, normalmente en situaciones interiores que no son sensibles a la luz. Consulte SEGURIDAD, OSCURIDAD para situaciones sensibles a la luz.															
• Alto Grado de Peligros	Es necesario un alto grado de detección visual. Se caracteriza por objetos pequeños, de bajo contraste o inconsistentes, o cambios superficiales o planos.															
Actividad con Alta Circulación [i]	Caracterizado por períodos de alto conteo de personas. E_h @PISO.															
• Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	40	40	40	Min						2:1	10:1				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	50	50	50	Min						2:1	10:1				
• Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	75	75	75	Min						2:1	10:1				
• Actividad con Circulación Media [i]	Tipificado por períodos medianos de conteo de personas. E_h @PISO.															
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	20	20	20	Min						2:1	10:1				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	30	30	30	Min						2:1	10:1				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	40	40	40	Min						2:1	10:1				
• Actividad con Circulación Baja [i]	Caracterizado por períodos de bajo conteo de personas. E_h @PISO.															
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	10	10	10	Min						2:1	10:1				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	20	20	20	Min						2:1	10:1				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	30	30	30	Min						2:1	10:1				
• Bajo Grado de Peligros	Es necesario un bajo grado de detección visual. Caracterizado por objetos grandes, de alto contraste o consistentes o cambios de superficie o planos.															
Actividad con Alta Circulación [i]	Caracterizado por períodos de alto conteo de personas. E_h @PISO.															
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	8	8	8	Min						2:1	10:1				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	10	10	10	Min						2:1	10:1				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	15	15	15	Min						2:1	10:1				
• Actividad con Circulación Media [i]	Tipificado por períodos medianos de conteo de personas. E_h @PISO.															
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	6	6	6	Min						2:1	10:1				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	8	8	8	Min						2:1	10:1				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	10	10	10	Min						2:1	10:1				
• Actividad con Circulación Baja [i]	Caracterizado por períodos de bajo conteo de personas. E_h @PISO.															
Superficies con Alta Reflectancia	LRVs 90%-60%-20% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	4	4	4	Min						2:1	10:1				
Superficies con Relectancias Media	LRVs 60%-40%-10% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	6	6	6	Min						2:1	10:1				
Superficies con Baja Relectancia	LRVs 30%-20%-5% (CIELOSRRASOS-PAREDES-PISOS)	8	8	8	Min						2:1	10:1				
SEGURIDAD, OSCURIDAD	Criterios de iluminancia predeterminados únicamente para una circulación segura, generalmente en situaciones interiores sensibles a la luz, como manipulación de películas fotográficas y auditorios, salones de baile, aulas, salas de conferencias y teatros durante presentaciones o actuaciones con luz enfocada.															
• Bajo Grado de Peligros	La situación de oscuridad predeterminada se basa en un bajo grado de detección visual necesaria y una baja actividad de circulación independientemente de la reflectancia de la superficie. De lo contrario ver SEGURIDAD BÁSICA.															
• Actividad con Circulación Baja [i]	Caracterizado por periodos de bajo tránsito peatonal. E_h @PISO.	2	2	2	Min						5:1	20:1				
PROTECCIÓN	Ver IESNA G-1 | Directriz sobre iluminación de Protección para Personas, Propiedades y Espacios Públicos para conocer los criterios en los que se considera necesaria la iluminación de seguridad. Normalmente aborda situaciones interiores y exteriores.															

Cuadro **25.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

25.2.1.2 PRESCRIPCIONES DE CÓDIGOS PARA ILUMINANCIA

Las iluminancias para una serie de aplicaciones ahora están prescritas por una variedad de códigos, ordenanzas y mandatos. El equipo de diseño debe coordinar y conciliar con la AHJ cualquier caso en el que los códigos, mandatos, estándares y calificaciones ecológicas entren en conflicto. Los valores de iluminancia y el número de aplicaciones varían según la jurisdicción y cambian de vez en cuando. Algunos mandatos de iluminancia van acompañados de uniformidades. Los ejemplos de aplicación, que varían según el código y la jurisdicción, incluyen, entre otros:

PRESCRIPCIONES DE ENERGÍA NORMAL

Sujetas a la interpretación del equipo de diseño y de las autoridades competentes, estas prescripciones son para la aplicación indicada durante situaciones de energía normal (que no sean de emergencia).

- Barberías
- Salones de belleza
- Aulas
- Instalaciones para discapacitados
- Caminos de salida (circulación de salida designada)
- Escaleras de salida nuevas
- Escaleras de salida antiguas
- Umbrales o umbrales de aterrizaje de ascensores a ambos lados de la puerta del ascensor

• Peldaños y descansos de escaleras mecánicas

• Áreas de servicio de alimentos

• Salas de máquinas

• Pasillos móviles

• Espacios ocupados con luz natural limitada o nula

• Piscinas y spas

• Baños Prescripciones de energía de emergencia Sujetas a la interpretación del equipo de diseño y de las autoridades competentes, estas prescripciones son para la aplicación indicada durante situaciones de emergencia.

• Caminos de salida

• Escaleras de salida

• Caminos exteriores a una distancia segura

PRESCRIPCIONES DE ENERGÍA DE EMERGENCIA

Sujetas a la interpretación del equipo de diseño y de las autoridades competentes, estas prescripciones son para la aplicación indicada durante situaciones de emergencia.

• Caminos de salida

• Escaleras de salida

• Caminos exteriores a una distancia segura

La mayoría de estas prescripciones implican iluminancia mínima. Al momento de escribir este artículo, algunos de los mínimos prescritos para situaciones de energía normales son altos. Esto da como resultado valores de iluminancia promedio relativamente significativos que requieren proporciones relativamente grandes de la energía disponible del proyecto. Normalmente, las iluminancias medias son entre dos y tres veces mayores que las mínimas, por lo que, en los pasillos situados cerca de los umbrales de los ascensores, así como en las escaleras nuevas, puede ser necesario alcanzar entre 200 y 300 lx. Además, las luminancias superficiales resultantes en estas situaciones de energía normales pueden ser preocupantemente mayores que las de áreas adyacentes. Sin reescritura de códigos, las mejores alternativas a situaciones de iluminancia de potencia normal tan alta son buscar variaciones documentadas en las prescripciones de códigos a favor de los criterios IES de potencia normal citados en todo el manual para diversas aplicaciones y tareas o diseño para codificar y realizar y documentar el diseño y ajustes en el presupuesto de energía. Independientemente, todo debe ser revisado por el equipo y acordado por los profesionales registrados y con licencia y el cliente y aceptado por AHJ.

Al principio de la planificación del proyecto, el equipo de diseño debe al menos identificar dónde las técnicas colaborativa pueden ser beneficiosas para abordar el alumbrado de emergencia. Los beneficios pueden incluir eficiencias de costos, mejor integración arquitectónica y de equipos, mejor estética y mejor mantenimiento donde la iluminación arquitectónica de potencia normal puede abordar parcial o totalmente la iluminación de emergencia. El diseñador de iluminación apoya al ingeniero y al arquitecto y se le puede ordenar que ajuste las especificaciones de los equipos de iluminación arquitectónica o incluso los diseños para adaptarse a su interpretación de los códigos y, en última instancia, a la de la AHJ sobre los requisitos de iluminación de emergencia.

Cuadro 25.4 | Clasificaciones de Ubicaciones Peligrosas[a]

Categoría	Definición
Clase	Tipo de explosivo peligroso en el área
	• Class I: Gases o vapores inflamables
	• Class II: Polvos combustibles
	• Class III: Fibras o partículas combustibles
División	Probabilidad de una atmósfera peligrosa
	• División 1: Concentraciones inflamables o combustibles probables en condiciones normales de funcionamiento.
	• División 2: Concentraciones inflamables o combustibles poco probables en condiciones normales de funcionamiento
Grupo	Clasificación de las características de fuego y explosión de un material.
	• Grupos A, B, C y D: Gases y vapores inflamables
	• Grupos E, F y G: Polvos combustibles
Temperatura	Temperatura máxima segura de funcionamiento del equipo permitida para atmósferas peligrosas
	• Clasificaciones de temperatura de T1 a T6 (de mayor a menor)

a. Consulte el artículo 500 [2] del Código Eléctrico Nacional de NFPA 70.

25.2.1.3 MÁS ALLÁ DE LAS PRESCRIPCIONES DEL CÓDIGO

Dejando a un lado las prescripciones del código, el programa del proyecto o la autoridad competente local pueden exigir que se tomen disposiciones para una iluminación suficiente para procesos o funciones específicas tales como seguridad, procesos peligrosos o la continuidad de operaciones críticas. Dichas aplicaciones incluyen, entre otras:

- Áreas de cuidados críticos para el cuidado de la salud
- Centros de seguridad
- Puertas de entrada
- Áreas de primeros auxilios
- Salas críticas de mecánica, electricidad, TI y comunicaciones
- Salas de control
- Áreas de procesamiento de materiales peligrosos
- Otras áreas consideradas críticas para la viabilidad de la operación y la seguridad del personal.

El diseñador de la iluminación debe coordinarse con el ingeniero eléctrico, si no es uno del mismo, para establecer qué constituye “iluminación suficiente” y luego la iluminación, los controles y la energía deben ser planificados en consecuencia por las respectivas partes responsables.

La energía normal puede fallar debido a una serie de situaciones, y el equipo de diseño debe considerar las implicaciones de estas al diseñar la iluminación, el control y la distribución de energía de la energía normal y de emergencia. Esto puede afectar todas o algunas selecciones de luminarias y lámparas de iluminación arquitectónica de potencia normal, diseños, dispositivos de energía auxiliar opcionales dentro de las luminarias y su control propuesto. Una emergencia puede incluir cualquiera, varios o todos los siguientes:

• Fallo de energía eléctrica

• Reducción del voltaje de la red pública (apagón) que puede afectar negativamente la operación de la lámpara, el balasto, el controlador o el transformador

• Interrupción de energía dentro de las instalaciones, incluida la pérdida total de energía o fallas de fase o circuito derivado

• Fuego y/o humo

• Terremoto, inundación, huracán, tornado u otro desastre natural.

25.2.2 ILUMINACIÓN DE SEGURIDAD IES

Las condiciones seguras son esenciales para cualquier espacio habitado y se debe considerar el efecto de la luz sobre la seguridad. El entorno debe diseñarse para ayudar a compensar las limitaciones de la capacidad humana. Cualquier factor que ayude a la eficacia visual aumenta la probabilidad de que una persona detecte un peligro y tome las medidas adecuadas. En muchos casos en los que la iluminación está asociada con accidentes, la causa puede atribuirse a niveles de iluminación inadecuados o a una mala calidad de la iluminación. Todo lo cual puede resultar en mala visibilidad. Sin embargo, existen otros factores asociados con la mala visibilidad que pueden contribuir a los accidentes. Algunos de ellos son: bajo contraste, resplandor directo, resplandor reflejado y sombras intensas. La propia fatiga visual puede ser un elemento que contribuya a los accidentes. Los accidentes también pueden ser provocados por el retraso en la adaptación que experimenta una persona al pasar de entornos brillantes a entornos oscuros y viceversa.

La visibilidad para la seguridad se ve afectada por la iluminación, así como por la planificación arquitectónica, los acabados, los contrastes y la distribución. Los peligros como, por ejemplo, bordillos, escalones y pasillos inclinados deben ser visibles. Cuando estos ocurren de manera consistente o regular con acabados y detalles contrastantes adecuados de modo que se consideren peligros leves, se necesita poca luz para su detección. Cuando los peligros ocurren de manera inconsistente o irregular, donde los contrastes son bajos o inexistentes, o donde sus tamaños y contrastes pueden ser variables de modo que se consideren peligros altos, se necesita más luz para la detección. Cuando los acabados están coordinados para mejorar la visibilidad, se recomiendan lámparas con CRI >80 para mejorar el contraste de color.

Cuando las iluminancias o luminancias son muy bajas o están diseñadas para crear un efecto o escena especial, como en auditorios, clubes, hoteles, museos, restaurantes, teatros y similares, se debe tener cuidado para identificar los cambios en elevación y dirección sin restar valor a la eficacia visual de la iluminación arquitectónica. Estas situaciones suelen considerarse oscuras y en las que se produce poca actividad.

La Tabla 25.2 identifica los criterios de iluminancia de IES relacionados con la seguridad. [5] Los criterios de referencia abordan la mayoría de las situaciones interiores y podrían considerarse apropiados para algunas situaciones exteriores. Una cita para situaciones oscuras es apropiada cuando se espera que las configuraciones oscuras formen parte de la función o actividad general de la aplicación.

En situaciones en las que la iluminación de seguridad se considera apropiada, las uniformidades contribuyen significativamente a la eficacia general. Las uniformidades de máximo a mínimo para situaciones de seguridad básicas no deben ser superiores a 10 a 1 (10:1).

25.2.3 ILUMINACIÓN DE SEGURIDAD

Establecer la justificación de la necesidad de iluminación de seguridad. La implementación de iluminación de seguridad probablemente implicará un aumento en la iluminancia y las densidades de potencia de iluminación de al menos un 50%.

Deben abordarse los problemas de atención no deseada debido a iluminancias más altas, deslumbramiento, alojamiento de equipo adicional y, en entornos exteriores, intrusión lumínica y contaminación lumínica. La iluminación de seguridad debe aplicarse de forma limitada y estratégica y sólo cuando las iluminaciones de aplicación normales se consideren inadecuadas. Consulte otras tablas de iluminancia de aplicaciones donde se hacen algunas referencias a criterios de iluminancia de seguridad, como la Tabla 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminación/ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Lobbies/Detección de Seguridad. Ver Figura 25.1.

En situaciones de seguridad donde el reconocimiento de colores es importante, las lámparas deben exhibir CRI > 80. Esto ayudará a distinguir los colores de los vehículos, las diferencias tonales de la piel y los colores de la ropa.

Cuando la iluminación se considere necesaria para la seguridad y no haya criterios disponibles en otros capítulos de la aplicación, consulte la librería en www.ies.org para obtener actualizaciones sobre iluminación de seguridad con fecha de 2011 o posterior. Si no hay actualizaciones disponibles, entonces documente los criterios utilizando el procedimiento que se describe a continuación según IES G-l-03 | Directriz para Iluminación de Seguridad para Personas, Propiedades y Espacios Públicos. Alternativamente, establezca y documente criterios utilizando el procedimiento siguiente basado en la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados. De todos modos, a discreción de los diseñadores, los ajustes pueden considerarse apropiados para tener en cuenta los niveles de actividad, las zonas de iluminación exterior nocturna y la adaptación mesópica. La determinación de la edad debe ser bien deliberada y basada en el uso previsto. Todos los ajustes deben documentarse y los criterios recomendados deben revisarse con el equipo y el cliente. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

Documente el siguiente procedimiento para establecer los criterios recomendados de iluminación de iluminación de seguridad para revisar con el equipo y el propietario del proyecto en cuestión.

1. Revise la Sección 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia.

2. Establecer una categoría de iluminancia para cada actividad y tarea de seguridad adecuada al nivel de actividad, la zona de iluminación exterior nocturna y el ambiente de fondo.

3. Evaluar las edades de los observadores y determinar objetivos de iluminancia horizontal y vertical apropiados.

4. Determinar el espesor de diseño (promedio, mínimo, máximo) y uniformidades.

5. Determinar si los multiplicadores mesópicos son apropiados.

6. Finalizar los criterios de iluminación de seguridad recomendados para el proyecto.

UN SISTEMA DE DETERMINACIÓN DE ILUMINANCIA

La Sección 4.12 describe el último sistema IES para determinar los criterios de iluminancia. Las categorías de iluminancia se identifican en la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados. Las situaciones de seguridad pueden involucrar entornos interiores y exteriores durante el día, la noche o ambos. Los precedentes sugieren que las categorías de iluminancia que aumentan las iluminancias de aplicación normal entre un 50% y un 100% forman un grupo apropiado a partir del cual determinar los criterios de iluminancia de seguridad. Hay situaciones en las que es apropiado menos luz para mejorar la seguridad, como en salas de control y situaciones de visualización unidireccional. Sin embargo, el diseñador debe evaluar estos criterios en el contexto del nivel de actividad y la zona de iluminación.

ACTIVIDADES Y TAREAS

Describa las diversas actividades y tareas que se abordarán con la iluminación de seguridad. Esto puede ser un levantamiento, extensión o modificación de aquellas actividades y tareas citadas en otras tablas de iluminancia de la aplicación o una evaluación completamente diferente por parte del diseñador basada en una encuesta de tareas (consulte la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). Algunas actividades y tareas abordadas en otros capítulos, como escaleras o vestíbulos de ascensores (consulte la Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes), pueden considerarse apropiadas. En cualquier caso, la mayoría, si no todas, las actividades y tareas necesitarán criterios de iluminancia horizontal y vertical.



FIGURA 25.1 | CONTROL DE SEGURIDAD

Aquí se utilizó iluminación adicional para definir una zona de trabajo de seguridad que consta de una máquina de rayos X en el extremo izquierdo y un detector de metales adyacente. La iluminación horizontal ayuda en caso de registrar un bolso, maletín u otro objeto personal. La iluminancia vertical ayuda con la evaluación visual general de los visitantes que se acercan (consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Detección de Seguridad en la Tabla 22.2)

» Imagen ©Fotógrafo: James Haefner

El diseñador debe definir y seguir estos requisitos planos. Para situaciones de seguridad, los criterios de iluminancia horizontal están en el plano de particular interés, muchas veces el pavimento o el plano del piso o la altura del escritorio, mostrador o transacción. Los criterios de iluminancia vertical están relacionados con la altura de la cara sentado, de pie o caminando. El diseñador debe establecer qué direcciones de visión son más importantes con un mínimo de dos direcciones de viaje y, a veces, hasta cuatro cuando se trata de caminar. Esto depende de la perspectiva prevista o de los puntos de observación y de si la observación se realiza en vivo en el sitio o se monitorea o registra.

CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA PRELIMINARES

Para cada una de las actividades, tareas y planos de interés, identifique una categoría de iluminancia preliminar basada en la experiencia, el precedente de IES o el estudio de la aplicación típica de las categorías y las características de las tareas y la descripción del desempeño visual en la Tabla 4.1. Desarrollar una tabla que describa los criterios para los tres métodos permitiría al diseñador utilizar promedios o al menos comprender el alcance de las variaciones. El objetivo es establecer los criterios de iluminancia más bajos adecuados a la necesidad de seguridad. La iluminación excesiva por conveniencia es inapropiada.

NIVEL DE ACTIVIDAD

Para algunas aplicaciones en interiores y muchas aplicaciones nocturnas en exteriores, los niveles de actividad influyen en los criterios de iluminancia. Los altos niveles de actividad nocturna al aire libre, por ejemplo, exigen mayores iluminaciones para abordar los volúmenes de tránsito de vehículos y peatones. Del Cuadro 22.4 | Definiciones de Nivel de Actividad Interior y Exterior Nocturna, identifique el nivel de actividad previsto. Para aquellas actividades y tareas en las que participan vehículos o en las que interactúan vehículos y peatones, utilice la categoría de nivel de actividad al aire libre. Para aquellas actividades y tareas en las que sólo participan personas, utilice la categoría de nivel de actividad interior. Si se espera que el nivel de actividad cambie según la hora del día, identifique los distintos niveles de actividad y sus duraciones. Generalmente, un nivel de “alta actividad” da mérito a la iluminancia más alta considerada. Un nivel de “actividad media” da mérito a la iluminancia moderada considerada. Un nivel de “baja actividad” da mérito a la iluminancia más baja considerada.

ZONA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR NOCTURNA

En situaciones exteriores, las zonas de iluminación influyen en los criterios de iluminancia. Las zonas de iluminación en áreas más urbanas requieren mayores iluminancias dadas las densidades de actividad nocturna y la necesidad de mantener estados de adaptación consistentes con el entorno. Si no está codificado como parte de una ordenanza, código o iniciativa sostenible, entonces de la Tabla 26.4 | Las definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna determinan el descriptor de zona de iluminación más apropiado para el entorno ambiental en el que se ubica el proyecto. Generalmente, Z4 y Z3 dan mérito a la iluminancia más alta considerada. Para cada paso de redacción en la zona de iluminación, se justifica una reducción de paso concomitante en la categoría de iluminancia. Ver Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia Recomendados para Traspaso de Luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz. Por lo general, esto impide el uso de focos o reflectores ajustables y restringe la potencia y la salida de las luminarias de área blindadas y controladas ópticamente.

AMBIENTE DE FONDO

Cuando la iluminación de seguridad tiene como objetivo acentuar un área con fines de vigilancia visual, el brillo inmediato del fondo afecta la iluminación de seguridad. Se necesitan iluminancias de seguridad más altas cuando los fondos son más brillantes. De manera similar, los fondos inmediatos más oscuros requieren iluminancias de seguridad más bajas.

EVALUAR LAS EDADES DE LOS OBSERVADORES

Las categorías de iluminancia descritas en la Tabla 4.1 consisten cada una en un rango de tres objetivos de iluminancia con: un valor bajo asociado con situaciones donde las edades visuales de al menos la mitad de los observadores son menores de 25 años; un valor medio asociado a situaciones donde las edades visuales de al menos la mitad de los observadores están entre 25 y 65 años; y un valor alto asociado con situaciones donde las edades visuales de al menos la mitad de los observadores son mayores a 65 años. La deliberación podría incluir las horas de operación y la demografía del personal de seguridad en distintos momentos del día y de la noche. Cuando las edades visuales de los observadores se dividen por igual entre los tres grupos de edad, el diseñador debe establecer recomendaciones basadas en otras técnicas, como combinar dos grupos para establecer una mayoría y utilizar los criterios de iluminancia del grupo de mayor edad o utilizar los criterios de iluminancia del grupo de 25 a 65 años y revisar el resultado con el equipo y el cliente. Una vez establecidas las edades visuales, el diseñador puede identificar los objetivos de iluminancia recomendados para la actividad y tarea de seguridad.

CALIBRES Y UNIFORMIDADES DE DISEÑO

Los objetivos de iluminancia de seguridad deben calcularse y medirse con un calibre de promedio, mínimo o máximo. Se recomienda utilizar el promedio como indicador junto con las uniformidades de promedio a mínimo y de máximo a mínimo que definen los límites superior e inferior de iluminancia. Esto asegura una iluminancia mínima para fines de detección y adaptación y, al mismo tiempo, minimiza los efectos perjudiciales del exceso de iluminación si no se pudiera establecer un máximo. Las uniformidades varían mucho según el tipo de vigilancia. Las proporciones promedio a mínimas para la vigilancia in situ en vivo pueden llegar a ser de 8 a 1 (8:1). La monitorización remota y la grabación con cámaras pueden exigir uniformidades más estrictas para satisfacer las capacidades de las cámaras. Cuanto más estrecha sea la relación de uniformidad máxima-mínima, más consistente será la iluminancia.

MULTIPLICADORES MESÓPICOS

Como se identifica en 4.12.3 Efectos Espectrales, un modificador adicional para situaciones de baja luminancia tiene en cuenta los estados de adaptación de los usuarios. El estado de adaptación es importante para desarrollar criterios de iluminancia recomendados para actividades y tareas con poca luz que pueden corresponder a patrullas nocturnas en interiores o exteriores. Generalmente, a medida que los ojos se adaptan a las luminancias más bajas experimentadas en entornos de baja iluminancia, se produce una adaptación mesópica, típicamente a 3 cd/m^2 o menos. Ver Tabla 2.1 | Estados de Adaptación de la Visión. Estas son luminancias que pueden experimentarse en situaciones de poca luz con reflectancias superficiales de moderadas a bajas o en situaciones de muy poca luz con reflectancias de moderadas a altas. Como podría ocurrir en algunas situaciones de seguridad. Bajo adaptación mesópica, las lámparas con espectros que exhiben longitudes de onda más cortas (calidad de color de tonos más fríos) son más eficaces que las de longitud de onda más larga (contrapartes de tonos más cálidos). Es muy posible, especialmente cuando las iluminancias son inferiores a 10 lx, encontrar una situación de diseño específica en la que una evaluación de la luminancia de fondo muestre, por ejemplo, que un sistema de iluminación que utiliza lámparas estándar HPS de 2000 K es un 13 por ciento menos eficaz que uno usando lámparas de 3000 K CMH o 19 por ciento menos eficaces que una que usa lámparas de 4000 K CMH. Ver Tabla 12.7 | Hoja de Trabajo y Tabla de Ejemplo del Multiplicador Mesópico de vía Peatonal 26.6 | Hoja de Trabajo de Ejemplo de Multiplicador Mesópico de Plataforma de Estacionamiento. Ambos ejemplos describen los pasos necesarios para determinar si es probable que los observadores se encuentren en el estado de adaptación mesópica y, de ser así, el efecto

de varias opciones de iluminación en los criterios de iluminancia para el ejemplo. Utilizando el método descrito en 4.12.3 y la Figura 4.27, los multiplicadores mesópicos ajustan los criterios de iluminancia para tener en cuenta la luminancia fotópica de fondo anticipada y los espectros de las lámparas bajo consideración. En el ejemplo de la Tabla 26.6, en la fase de diseño, esto significa que los criterios de iluminancia deberían aumentarse si se están considerando lámparas HPS para la situación de diseño específica analizada aquí o disminuir si se están considerando lámparas CMH. Esto puede afectar las potencias de las lámparas o los diseños de las luminarias, o ambos, y puede afectar en gran medida las cargas conectadas o los esquemas de control para el funcionamiento nocturno y situaciones de toque de queda.

FINALIZAR LOS CRITERIOS DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS

Detallar los criterios de uniformidad e iluminancia de seguridad horizontal y vertical diurna y nocturna.

25.3 CRITERIOS DE LUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando están completamente implementados, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Cortocircuitar la selección de criterios o el diseño con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas del peor de los casos o simplemente iluminar áreas en exceso por conveniencia del diseño seguramente resultará en insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, un resultado probable es no aprovechar al máximo la energía gastada o, peor aún, desperdiciar energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios aspectos descritos en la Tabla 25.2.

25.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 25.2 y pueden justificar criterios de iluminancia diferentes. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de denominación para tipos de espacio o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones de arquitectura, paisaje o ingeniería civil, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica falla, revisar la lista en la Tabla 25.2 o las de otros capítulos de aplicaciones puede ser para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones de desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretenda hacer, deben documentarse cuidadosamente para que quede constancia.

25.3.2 NOTAS

Las notas pueden hacer referencia a otros títulos de aplicaciones y tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica algún grado de aclaración, se toman notas.

25.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea bajo consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o eléctrica en cualquier combinación de técnicas de iluminación funcional y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz. La iluminación de emergencia y la iluminación de seguridad se prueban periódicamente, al menos con la frecuencia que exige el código.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en el que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia según los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A efectos de sostenibilidad, ya no se puede presumir que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica recomendada para el mantenimiento planificado de iluminación interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se aplaza o se practica mal o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede resultar inseguro y afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica, dará como resultado un uso excesivo de energía y, en muchas situaciones exteriores, dará como resultado un deslumbramiento, una contaminación lumínica y una intrusión lumínica más importantes. No se recomienda iluminancias con trinquete. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70% o tal vez incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de Lúmenes.

Los objetivos son consensuados y recomendados para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de piecandela de cualquier valor citado en la Tabla 25.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano horizontal para una circulación segura. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras aplicaciones o tareas en las proximidades o de cualquier iluminancia que resulte de alcanzar la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

25.3.3.1 PLANOS DE DESTINO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea aproximadamente en una orientación horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar en consecuencia el objetivo de iluminancia. Puede haber situaciones en las que la IES recomienda el objetivo relacionado con el modo un plano típico de una tarea y debe aplicarse a un plano diferente. Se espera que casi todas las tareas tengan tanto un componente de iluminancia horizontal (Eh) como un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En muchas aplicaciones peatonales exteriores, las iluminancias de los planos horizontal y vertical abordan la situación común en la que simultáneamente la visibilidad del pavimento de la pasarela está relacionada con la iluminancia horizontal, mientras que el reconocimiento facial está relacionado con la iluminancia vertical. Algunos objetivos de iluminancia, como los de algunas situaciones de seguridad en las que la visibilidad de las tareas y el reconocimiento facial están previstos en diferentes elevaciones planas y deben ser deliberados y establecidos por el diseñador. Para propósitos de criterio, la altura de la cara de pie se define por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje y centrado a 5' sobre el nivel terminado (AFG). Los criterios de iluminancia se aplican a uno o ambos lados de este plano con incrementos de espaciado consistentes a lo largo del área bajo vigilancia, por ejemplo, dependiendo de la dirección de observación. Es necesario establecer y seguir las orientaciones de las tareas y abordar la iluminancia tanto horizontal como vertical. En algunas situaciones de seguridad que involucran a peatones, son de interés al menos dos planos verticales, ambos perpendiculares a la dirección de circulación principal del camino, uno opuesto al otro. Esta es una distinción importante para las capacidades de orientación y selección óptica de luminarias y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

25.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. El diseñador debe coordinar con el equipo de diseño y el cliente para establecer el grupo de edad de los observadores previstos. Durante las deliberaciones, el diseñador y el cliente deben revisar los precedentes, así como las implicaciones de las propuestas de criterios tentativos sobre la infraestructura, el costo y el desempeño del usuario. Los aspectos de edades de los observadores y objetivos de iluminancia deben resolverse durante la programación con el cliente. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.

25.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Se muestran en la Tabla 25.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas de un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

25.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y que los criterios de uniformidad se supervisan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el

cumplimiento objetivo, se cita "Promedio". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es "Min" o "Max" respectivamente. El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas en un Área Grande. En cualquier caso, una vez establecidos los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Una asignación de ingeniería estándar de ±10 % podría ser aceptable para objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en Tiempo de Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de Resultados Calculados.

25.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todo lo cual debe abordarse como parte del diseño para evitar molestias, deslumbramientos y tensiones visuales. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una serie de puntos y el valor mínimo en la misma serie de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican a las iluminancias tanto horizontales como verticales en el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, especialmente en las relativas a las iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importantes son la velocidad y la precisión y cuanto más exigente es la tarea visual, más ajustada es la proporción.

25.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

25.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación generalmente se atribuye a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de las condiciones promedio es notable y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

25.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

25.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben abarcar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz diurna. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada, suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y conmutación escalonada, atenuación escalonada o atenuación continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica cuando no sea necesaria durante las horas del día. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

25.3.6 REFLEJOS TIPO VELO

Las tareas con componentes especulares, que en entornos exteriores incluyen superficies de metal, piedra o vidrio brillantes como las que se pueden encontrar en fachadas, paredes u obras de arte y pavimento húmedo o seco, son propensas a reflejos especulares. Cuando tales reflexiones ocultan información importante de la tarea, como cambios de calificaciones, se conocen como reflexiones de velación. Las luminarias múltiples, de óptica difusa y de baja potencia pueden minimizar los efectos de los reflejos velados, pero no eliminarlos. Son útiles los materiales de acabado difuso para paredes, suelos, pavimentos, fachadas y similares.

25.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones específicas del proyecto. Un área de cobertura es la “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea misma o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. En algunas situaciones, como al acentuar, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar la “pared destacada” o el “perímetro”.

Otra área de cobertura es “habitación o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que represente la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada generalmente se establece mediante el diseño funcional, como el de una plataforma de estacionamiento, pero debe ser examinada minuciosamente por el equipo de diseño. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación de un proyecto en particular.

25.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica de emergencia, seguridad y protección y debe usarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Coordine esta iluminación de emergencia, seguridad y protección con los criterios seleccionados de capítulos de otras aplicaciones. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Para aplicaciones en exteriores, las lámparas, balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Las prácticas sostenibles y de eficiencia energética son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave del diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores destinados a utilizar el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en producción, circulación y trabajo en interiores espacios orientados a la iluminación natural

• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• usar lámparas de la más alta eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• usar luminarias de la más alta eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• usar acentos para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan con las recomendaciones de IES en criterios de iluminancia

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todos los requisitos del código cumplimiento de los criterios de energía, sostenibilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y posterior disposición por parte del equipo, el cliente o las autoridades competentes

• documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio primordial del diseño y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró en ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe realizarse con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. El presupuesto debe incluir aportes del diseñador y diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño.

En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, efectivamente, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS ECONÓMICOS DE IESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | CIENCIAS ECONÓMICAS

• para obtener más información sobre la estimación de costos

• para obtener más información sobre los costos del ciclo de vida

• para más información sobre amortizaciones y tasas de rendimiento

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva Construcción

• para obtener más información sobre el diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos y regulaciones de eficiencia de iluminación

y estándares

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para más información sobre las regulaciones de equipos

IESH/10e ILUMINACIÓN EXTERIORES RECURSOS

> 12.5.5.6 Iluminaciones exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en condiciones mesópicas.

adaptación

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre los criterios

Recursos de sostenibilidad de lESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre los controles

• para obtener más recursos sobre la tierra

- *para más información sobre energía*
- *para obtener más información sobre los análisis del ciclo de vida*
- *para más información sobre el diseño de iluminación*
- *para más información sobre el reciclaje*

REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. Ch 29.

[2] [NFPA] National Fire Protection Association. 2011. Article 500. In: NFPA 70 National Electrical Code. 12th Edition. Quincy: National Fire Protection Association.

[3] [UL] Underwriters Laboratories. 2010. Underwriters Laboratories marking guide luminaires [Internet]. UL. [cited March 13, 2011]. Available from: http://www.ul.com/global/eng/pages/offerings/perspectives/regulator/publications (under Luminaires Marking Guide) LuminairesMG_April2006_Final.pdf.

[4] [UL] Underwriters Laboratories. 2010. Underwriters Laboratories marking guide swimming pool equipment, spas, fountains hydromassage bathtubs [Internet]. UL. [cited March 13, 2011]. Avilable from: http://www.ul.com/global/eng/pages/offerings/perspectives/regulator/publications (under Swimming Pool and Spa Equipment Marking Guide) SwimmingPoolSpaMG.pdf.

[5] Kaufman JE. 1973. Lighting for safety. LD+A. March, 1973. 14(3): 6-8.



26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

El descontento es la primera necesidad del progreso.

Thomas Alva Edison, inventor, científico y empresario de los siglos XIX y XX

Contenido

Cualquier iluminación de cualquier exterior exige un procedimiento disciplinado igual al que se sabe que es exitoso para aplicaciones de iluminación interior. Las iluminancias y luminancias deben determinarse cuidadosamente para promover el comercio, la cultura, las percepciones satisfactorias de seguridad y protección y el disfrute nocturno del paisaje natural y construido que es bastante diferente del experimentado bajo la luz del día. Todo esto debe equilibrarse con un uso mínimo de energía y respeto por el entorno nocturno natural y los demás seres humanos. Lo que sigue es una discusión de los aspectos clave que afectan la iluminación para personas en aplicaciones exteriores: estado del proyecto; tipos de espacio; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y, cuando estén disponibles, criterios de iluminancia.

Los esfuerzos de diseño integral también deben apoyarse en materiales relacionados con ambientes exteriores en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. El diseñador debe tener un conocimiento profundo de los principios de diseño descritos en esos capítulos, debe identificar aquellos que se consideren apropiados para entornos exteriores y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente aspectos específicos relacionados con la iluminación para exteriores que deberían influir en las selecciones ópticas de las luminarias, la iluminación y los diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (consulte 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con IES sirven como referencias de archivo [1] [2] [3]. Se requiere una considerable deliberación para muchas de las aplicaciones exteriores descritas en este capítulo. Las recomendaciones de iluminancia interior y exterior específicas de la aplicación descritas en otros capítulos de este manual se basan en el procedimiento actual de determinación de iluminancia de IES [4]. Los criterios de iluminación exterior relacionados con estacionamientos, estructuras de

estacionamiento, aceras y caminos peatonales, calles y caminos aún no están alineados con este procedimiento y aún se encuentran en desarrollo al momento de escribir este artículo. Para estas aplicaciones, y hasta que estén disponibles las actualizaciones adecuadas, la referencia a la información de archivo y a 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia son recursos. La Tabla 26.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación de IES relacionados con la iluminación exterior. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios de IES y reemplazarlos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

26.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen diferentes oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. Una comprensión clara del tipo y alcance del proyecto ayudará a establecer en qué medida la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación de los estacionamientos. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debería considerar la luz natural como fuente de luz.

Tabla 26.1 / Lista de Verificación de Iluminación Exterior

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Apariencia
12.2 Factores Espaciales Cuadro 12.1a | Factores Espaciales: Primera parte/ Agradabilidad/Luminarias Tabla 12.1b | Factores Espaciales: Segunda parte
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo 4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 26.2 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia 12.5.5.6 Iluminaciones Exteriores Nocturnas Tabla 22.2 (ENTRADA AL EDIFICIO) Tabla 27.2 (ATENCIÓN AMBULATORIA/Puerta Cochera) Tabla 28.2 (GIMNASIO/Piscinas/Exterior) Tabla 29.2 (EXTERIORES) Tabla 33.2 (EXTERIORES RESIDENCIALES) Tabla 34.2 (VENTA AL POR MENOR, AL AIRE LIBRE)
Distribución Luminosa
8.2.2A Clasificación de Distribución IES de Luminarias de Exterior
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 26.3.6 12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 26.2 Este Capítulo: Cuadro 26.2 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos 12.5.1 Tareas Visuales Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

26.2 TIPOS DE APLICACIONES

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y operación, se realiza un inventario del espacio exterior, área o tipos de características bajo consideración y los usuarios, funciones y tareas anticipadas (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Criterios Específicos). Ejemplos y tabla 12.3 | Muestra de Encuesta de Tareas Visuales). De lo contrario, la iluminación no podrá adaptarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas. Se requieren definiciones de aplicaciones exteriores en las primeras etapas del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo de la iluminación, la potencia, la energía y el cumplimiento del entorno nocturno. Los nombres de las áreas, de las cuales se pueden deducir las funciones, y los límites para el seguimiento deben estar claramente marcados en contextos arquitectónicos, paisajísticos o de ingeniería civil. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 26.2 | Las Recomendaciones de Iluminancia Exterior deben revisarse con los conocimientos del proyecto y correlacionarse con los tipos y funciones de espacio nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaraciones con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de áreas exteriores y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 26.2.

La iluminación exterior, a diferencia de la iluminación interior, no tiene un recinto arquitectónico construido para contener, capturar y redistribuir la luz. Toda la iluminación exterior debe emplearse sólo cuando se considere necesario y aplicarse con mucho cuidado. Ver Tabla 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medio Ambiente al Aire Libre. De lo contrario, es probable que se produzca despilfarro de energía y contaminación lumínica. Cuando se considere necesaria la iluminación exterior, preste atención a lo siguiente:

- Establezca y confirme la necesidad de luz
- Defina cuidadosamente las áreas de aplicación y la aplicación misma
- Establezca los criterios de iluminancia más bajos apropiados para la necesidad
- Aborde de forma independiente áreas de interés únicas
- Diseñe la iluminación con diseños para abordar sólo aquellas áreas de interés
- Seleccionar equipos con distribución y control óptico para abordar los criterios
- Usar controles para energizar, atenuar y apagar la iluminación para abordar los niveles de actividad

Establecer y confirmar la necesidad de luz. Aunque es conveniente aplicar iluminación a muchas, todas o la mayoría de las situaciones, esto puede resultar bastante innecesario. Por ejemplo, en un campus corporativo o universitario, los caminos peatonales pueden evolucionar con el tiempo. Algunos están pavimentados, otros son de grava y otros pueden ser simplemente tierra desgastada. No es necesario ni siquiera deseable iluminar todos estos caminos, si es alguno de estos. Con base en la programación, determine los niveles de actividad típicos del proyecto. Después del anochecer y antes del amanecer, pocas personas, si es que alguna, pueden usar los caminos o un número razonable de personas pueden usar algunos caminos clave. Además, los administradores del proyecto o los miembros del equipo de diseño pueden determinar que se debe designar un solo camino o quizás solo unos pocos caminos como los más apropiados para la circulación nocturna al aire libre. Iluminar todos los caminos probablemente provocaría lo siguiente: desorden visual con demasiadas luminarias en diseños entrecruzados; cierto desperdicio de energía; cierta contaminación lumínica innecesaria; y algunos costos iniciales y operativos innecesarios. Iluminar uno o varios caminos de manera completa y

adecuada es un resultado mucho mejor que simplemente cumplir con los criterios de iluminancia horizontal en el pavimento durante kilómetros de pavimento.

Definir áreas finitas a iluminar es fundamental para un diseño eficiente y rentable. Evaluar cuánta luz, si es que se derrama alguna, más allá de esas áreas definidas es una parte necesaria del proceso de diseño. Es inaceptable definir los bordes del pavimento de un estacionamiento, por ejemplo, en un estudio de cálculo y evaluar únicamente el cumplimiento de los criterios en el pavimento del estacionamiento. Una parte igualmente importante de la evaluación es revisar las iluminancias más allá del pavimento y limitarlas tanto como sea práctico.

La aplicación debe estar bien definida. Por ejemplo, ¿se utiliza el estacionamiento por la noche? Si es así, ¿hasta qué hora? ¿Cuál es su momento de mayor uso y qué nivel de actividad implica? ¿Qué edades tienen la mayoría de los conductores en ese momento?

El Sistema de Determinación de Iluminancia IES discutido en la Sección 4.12 requiere que el diseñador haga muchos juicios. Generalmente no es apropiado un valor de iluminancia único para todas las tareas y todos los niveles de actividad y todas las poblaciones en todas las situaciones. El diseñador debe hacer todo lo posible para establecer los criterios de iluminancia más bajos adecuados a la necesidad.

Abordar de forma independiente áreas de interés únicas con diseños que aborden sólo esas áreas ayuda a enfocar la energía de iluminación y, coincidentemente, crea un entorno visualmente más interesante. Por ejemplo, los estacionamientos, caminos peatonales, plazas y caminos y calles de circulación, incluso cuando los planes paisajísticos arquitectónicos promuevan adyacencias compactas, no deben iluminarse con una iluminancia de denominador común que convenientemente “los cubra a todos” usando postes altos y proyectores de alta potencia. Se deben considerar enfoques más orientados a las tareas y únicos para cada aplicación.

Las situaciones al aire libre suelen ser diferentes a las situaciones interiores, donde la luminancia de fondo de las paredes y los cielosrrasos ayuda a mitigar el deslumbramiento y ayuda a contener la luz cerca de las luminarias. Las luminarias deben seleccionarse basándose en el control óptico. Los reflectores y luminarias que dirigen la luz hacia afuera y hacia arriba deben seleccionarse como excepciones para acentuar las características y apagarse en el toque de queda obligatorio o impuesto por el cliente. En cualquier caso, las técnicas indiscriminadas de iluminación con proyectores o focos que impliquen apuntar la potencia fotométrica máxima de la vela (el haz principal de luz) hacia afuera o hacia arriba, al aire libre, sin el beneficio de persianas, viceras o escudos, donde no haya superficies verticales u horizontales elevadas como objetivos intencionales e iluminar superficies distantes del plano terrestre es inapropiado. También es inapropiado el uso de equipos de haz ancho (distribución de inundación) de alta potencia para iluminar un área focal o de tarea en lugar de equipos de haz dirigido de baja potencia.

Los controles por sí solos pueden ahorrar cantidades significativas de energía y reducir en gran medida la contaminación lumínica. Apagar todas o escalonar algunas luces o atenuarlas en los horarios de toque de queda es apropiado y eficaz. La información de programación debe indicar las horas de operación y la necesidad, si la hubiera, de iluminación de vigilancia de patrulla. A la espera de la revisión de la confiabilidad por parte del equipo para aplicaciones específicas, los sensores de movimiento pueden ofrecer un medio para cumplir con los criterios de iluminancia en áreas limitadas durante momentos limitados cuando los niveles de actividad son extremadamente bajos.

La reproducción cromática y la temperatura del color de la iluminación exterior tienen una fuerte influencia en la sensación de normalidad de los usuarios y en las impresiones de atracción visual y estética visual del entorno. Los modelos operativos de las lámparas que se están considerando en un proyecto deben revisarse en entornos nocturnos al aire libre similares a los que se están diseñando. Esto es especialmente importante cuando los CRI de las lámparas caen por debajo de 80 y donde los CCT se extienden fuera del rango de 2700 K a 4100 K.

La iluminación exterior, independientemente de la iluminancia, no necesariamente reducirá o eliminará la delincuencia [5]. Sin embargo, la iluminación que responde a criterios normales apropiados para la actividad pública nocturna puede ser un factor disuasorio potencial para la actividad delictiva y proporcionar a los peatones una sensación de seguridad (y una sensación de protección). Las lámparas con CRI >80 ayudan a las personas a identificar y distinguir mejor los colores. También es importante que la iluminación esté adaptada a la zona de iluminación exterior nocturna para evitar problemas de adaptación. Abordar el CRI, las zonas de iluminación exterior nocturna y los criterios normales permite a los usuarios ver e identificar los alrededores y los posibles perpetradores. Es esta identificación la que sirve para disuadir indirectamente la actividad criminal. Los perpetradores aprenderán que su riesgo de exposición e identificación es mayor en áreas tan bien diseñadas. Añadir proyectores de gran potencia y gran superficie y triplicar o cuadruplicar las iluminancias suele ser contraproducente. Cuando se considere necesaria iluminación adicional en las entradas o áreas públicas peatonales para fines de vigilancia de seguridad, esta debe ser equipo de potencia relativamente baja que dirija la luz hacia abajo y a través del área limitada de cobertura y aporte un promedio de 10 lx, 25 lx y 50 Ix. en el plano del suelo, respectivamente, en áreas rurales, suburbanas y urbanas [6]. Ver Figura 22.4.

Las siguientes secciones están relacionadas con los principales encabezados de aplicaciones y tareas de la Tabla 26.2. Estas discusiones, las identificadas en la Tabla 26.1 y el material de la Tabla 26.2 ofrecen criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación de Acento. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud. Extinguir en el toque de queda.										
• Arte	En el plano del diseño (normalmente vertical), consulte la Tabla 15.2 (normalmente "Moderado" o "Suave") rate" or "Soft")										
•Característica	En planos de pared o árboles						consulte la Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")				
•Punto Focal Importante	En el plano del punto focal (normalmente vertical),						consulte la Tabla 15.2 (normalmente "fuerte" a "moderado")				
•Áreas de Desempeño	Eh @pavimento; Ev @5' AFG	ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Fuerte" a "Moderado")				
•Perímetro	En planos de pared o árboles,						consulte la Tabla 15.2 (típicamente "Suave")				
ENTRADAS A EDIFICIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
FACHADAS											
• Detalles de Fachada o Características	Elementos o detalles clave. Aplicar estratégicamente a ≤25% del área de la fachada del edificio. Las relaciones de uniformidad se citan aquí como guías cuando se desea una apariencia relativamente uniforme en el área de aplicación.										
Con superficie de Relectancia ≥0.5	Materiales de fachada de tonos más claros										
• Alta Actividad [i]											
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						O	100	200	400	Max
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						N	75	150	300	Max
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
• Actividad Media [i]											
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						K	25	50	100	Max
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						J	20	40	80	Max
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
• Baja Actividad [i]											
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						K	25	50	100	Max
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						J	20	40	80	Max
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						I	15	30	60	Max
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						H	10	20	40	Max
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
Con superficie de Relectancia <0.5	Materiales de fachada de tonos más oscuros										
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						Q	200	400	800	Max
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						P	150	300	600	Max
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						O	100	200	400	Max
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						N	75	150	300	Max
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
• Actividad Media [i]											
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						O	100	200	400	Max
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						N	75	150	300	Max
LZ2[j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max
LZ1[j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max
LZ0[j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada

Notas para el Cuadro 26.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 26.3 Criterios de iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia.
objetivos para un proyecto. Ver Tabla 26.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 26.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 26.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g- Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.
i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.
j- Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia Recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.
k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es "Habitación o Área Designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como pantallas fijas o diseños de góndola específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la " Tarea Propiamente Dicha y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d										Uniformidad de los Objetivos [e]			Área Típica de Cobertura [h]	
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical					Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)				
		Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación de Acento. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud. Extinguir en el toque de queda.															
• Arte	En el plano del diseño (normalmente vertical), consulte la Tabla 15.2 (normalmente "Moderado" o "Suave") rate" or "Soft")															
•Característica	En planos de pared o árboles						consulte la Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")									
•Punto Focal Importante	En el plano del punto focal (normalmente vertical),						consulte la Tabla 15.2 (normalmente "fuerte" a "moderado")									
•Áreas de Desempeño	Eh @pavimento; Ev @5' AFG	ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")ˢ					ver Tabla 15.2 (normalmente "Fuerte" a "Moderado")									
•Perímetro	En planos de pared o árboles,						consulte la Tabla 15.2 (típicamente "Suave")									
ENTRADAS A EDIFICIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
FACHADAS																
• Detalles de Fachada o Características	Elementos o detalles clave. Aplicar estratégicamente a ≤25% del área de la fachada del edificio. Las relaciones de uniformidad se citan aquí como guías cuando se desea una apariencia relativamente uniforme en el área de aplicación.															
Con superficie de Relectancia ≥0.5	Materiales de fachada de tonos más claros															
• Alta Actividad [i]																
• LZ4 [j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						O	100	200	400	Max					
LZ3 [j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						N	75	150	300	Max					
LZ2 [j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max					
LZ1 [j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max					
LZ0 [j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
• Actividad Media [i]																
• LZ4 [j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max					
LZ3 [j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max					
LZ2 [j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						K	25	50	100	Max					
LZ1 [j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						J	20	40	80	Max					
LZ0 [j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
• Baja Actividad [i]																
• LZ4 [j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						K	25	50	100	Max					
LZ3 [j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						J	20	40	80	Max					
LZ2 [j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						I	15	30	60	Max					
LZ1 [j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						H	10	20	40	Max					
LZ0 [j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
Con superficie de Relectancia <0.5	Darker-toned facade materials															
• LZ4 [j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						Q	200	400	800	Max					
LZ3 [j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						P	150	300	600	Max					
LZ2 [j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						O	100	200	400	Max					
LZ1 [j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						N	75	150	300	Max					
LZ0 [j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
• Actividad Media [i]																
• LZ4 [j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						O	100	200	400	Max					
LZ3 [j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						N	75	150	300	Max					
LZ2 [j] (y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max					
LZ1 [j] (y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max					
LZ0 [j] (y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior continúa en la página siguiente

Tabla 26.2 / Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	E_h <25	E_h 25-65	E_h >65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	E_v <25	E_v 25-65	E_v >65	Indicador
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
FACHADAS	Detalles o Características de la Fachada (continuación)										
• Baja Actividad [i]											
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 20% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 15% del área de la fachada del edificio.						K	25	50	100	Max
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del área de la fachada del edificio.						J	20	40	80	Max
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
•Campos de fachada	Áreas relativamente grandes de fachada o fachada completa. Las relaciones de uniformidad se citan aquí como guías cuando se desea una apariencia relativamente uniforme en el área de aplicación.										
Con superficie de Relectancia ≥0.5	Materiales de fachada de tonos más claros										
• Alta Actividad [i]											
• LZ4[j]							L	37.5	75	150	Prom.
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							K	25	50	100	Prom.
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							J	20	40	80	Prom.
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							I	15	30	60	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
• Actividad Media [i]											
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							I	15	30	60	Prom.
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							H	10	20	40	Prom.
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							G	7.5	15	30	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
• Baja Actividad [i]											
• LZ4[j]							H	10	20	40	Prom.
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							G	7.5	15	30	Prom.
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							F	5	10	20	Prom.
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							E	4	8	16	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	
Con superficie de Relectancia <0.5	Materiales de fachada de tonos más oscuros										
• LZ4[j]							N	75	150	300	Prom.
• LZ3[j] (and LZ4 curfew)							M	50	100	200	Prom.
• LZ2[j] (and LZ3 curfew)							L	37.5	75	150	Prom.
• LZ1[j] (and LZ2 curfew)							K	25	50	100	Prom.
• LZ0[j] (and LZ1 curfew)							-	0	0	0	
• Actividad Media [i]											
• LZ4[j]							L	37.5	75	150	Prom.
• LZ3[j] (and LZ4 curfew)							K	25	50	100	Prom.
• LZ2[j] (and LZ3 curfew)							J	20	40	80	Prom.
• LZ1[j] (and LZ2 curfew)							I	15	30	60	Prom.
• LZ0[j] (and LZ1 curfew)							-	0	0	0	
• Baja Actividad [i]											
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							I	15	30	60	Prom.
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							H	10	20	40	Prom.
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							G	7.5	15	30	Prom.
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0	

Tabla 26.2 1 Recomendaciones de iluminación exterior continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				
	3:1	10:1				

Notas para el Cuadro 26.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 26.3 Criterios de iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia.
objetivos para un proyecto. Ver Tabla 26.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 26.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 26.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g- Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.
i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.
j- Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia Recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.
k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es "Habitación o Área Designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como pantallas fijas o diseños de góndola específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la " Tarea Propiamente Dicha y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 26.2 / Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FACHADAS	Detalles o Características de la Fachada (continuación)															
• Baja Actividad [i]																
• LZ4[j]	Aplicar estratégicamente a ≤25% del área de la fachada del edificio.						M	50	100	200	Max					
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤20% del área de la fachada del edificio.						L	37.5	75	150	Max					
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤15% del área de la fachada del edificio.						K	25	50	100	Max					
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)	Aplicar estratégicamente a ≤10% del área de la fachada del edificio.						J	20	40	80	Max					
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
•Campos de fachada	Áreas relativamente grandes de fachada o fachada completa. Las relaciones de uniformidad se citan aquí como guías cuando se desea una apariencia relativamente uniforme en el área de aplicación.															
Con superficie de Relectancia ≥0.5	Materiales de fachada de tonos más claros															
• Alta Actividad [i]																
• LZ4[j]							L	37.5	75	150	Prom.		3:1	10:1		
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							K	25	50	100	Prom.		3:1	10:1		
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							J	20	40	80	Prom.		3:1	10:1		
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							I	15	30	60	Prom.		3:1	10:1		
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
• Actividad Media [i]																
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.		3:1	10:1		
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							I	15	30	60	Prom.		3:1	10:1		
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							H	10	20	40	Prom.		3:1	10:1		
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							G	7.5	15	30	Prom.		3:1	10:1		
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
• Baja Actividad [i]																
• LZ4[j]							H	10	20	40	Prom.		3:1	10:1		
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							G	7.5	15	30	Prom.		3:1	10:1		
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							F	5	10	20	Prom.		3:1	10:1		
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							E	4	8	16	Prom.		3:1	10:1		
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						
Con superficie de Relectancia <0.5	Materiales de fachada de tonos más oscuros															
• LZ4[j]							N	75	150	300	Prom.		3:1	10:1		
• LZ3[j] (and LZ4 curfew)							M	50	100	200	Prom.		3:1	10:1		
• LZ2[j] (and LZ3 curfew)							L	37.5	75	150	Prom.		3:1	10:1		
• LZ1[j] (and LZ2 curfew)							K	25	50	100	Prom.		3:1	10:1		
• LZ0[j] (and LZ1 curfew)							-	0	0	0						
• Actividad Media [i]																
• LZ4[j]							L	37.5	75	150	Prom.		3:1	10:1		
• LZ3[j] (and LZ4 curfew)							K	25	50	100	Prom.		3:1	10:1		
• LZ2[j] (and LZ3 curfew)							J	20	40	80	Prom.		3:1	10:1		
• LZ1[j] (and LZ2 curfew)							I	15	30	60	Prom.		3:1	10:1		
• LZ0[j] (and LZ1 curfew)							-	0	0	0						
• Baja Actividad [i]																
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.		3:1	10:1		
LZ3[j] (y LZ4 Toque de queda)							I	15	30	60	Prom.		3:1	10:1		
LZ2[j] (Y LZ3 Toque de queda)							H	10	20	40	Prom.		3:1	10:1		
LZ1[j] (Y LZ2 Toque de queda)							G	7.5	15	30	Prom.		3:1	10:1		
LZ0[j] (Y LZ1 Toque de queda)							-	0	0	0						

Tabla 26.2 1 Recomendaciones de iluminación exterior continúa en la página siguiente

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene		
		<25	25-65	>65	<25	25-65	>65
		Categoría		Indicador	Categoría		Indicador
FUENTES	Véase 26.2.4 para una discusión.						
CUBIERTAS DE ESTACIONAMIENTO	Aparcamiento cubierto. Consulte ESTACIONAMIENTOS para conocer la iluminación de la parte superior de la terraza. Véase 26.2.5 para una discusión. A continuación se incluye una lista de verificación de probables tareas de aplicación y áreas para las cuales se deben establecer criterios de iluminancia.						
• Esquinas,Rampas Dedicadas	La iluminación debe abordar las esquinas y rampas dedicadas principalmente, si no exclusivamente, a la actividad vehicular sin estacionamiento contiguo. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar Iluminancia con los criterios de edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
Pasillos de Conducción/Áreas de Estacionamiento	La iluminación debe abordar los pasillos de entrada y los estacionamientos adyacentes con actividad mixta de peatones y vehículos. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
• Áreas de Entrega y Recogida, Áreas Interiores de Transacción de Vehículos y Valets	La iluminación debe abordar las áreas de cortesía para dejar y recoger a los pasajeros y los valet con actividad mixta de peatones y vehículos. La iluminación debe abordar las áreas de transacción de vehículos alejadas de los portales cubiertosde entrada/salida . Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
• Vestíbulos de Ascensores, Áreas de Transacciones Peatonales y Escaleras	La iluminación debe dirigirse al vestíbulo y a las áreas de transacción de tarifas de estacionamiento para peatones. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
• Entrada y Salida Vehicular	La iluminación debe abordar las entradas y salidas de vehículos y las áreas peatonales y de estacionamiento adyacentes. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
ESTACIONAMIENTOS	Instalaciones de estacionamiento abiertas, incluidas las partes superiores de las plataformas de estacionamiento. Véase 26.2.6 para una discusión. Una lista de verificación de posibles tareas de aplicación y a continuación se detallan las áreas para las cuales se deben establecer criterios de iluminancia.						
• Pasillos de Circulación/Áreas de Estacionamiento	La iluminación debe abordar los pasillos de entrada y los estacionamientos adyacentes con actividad mixta de peatones y vehículos. Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
• Áreas de Transacciones Peatonales	La iluminación debe abordar las áreas de transacción de tarifas de estacionamiento para peatones. Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y el nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
• Áreas de Transacción de Vehículos y Entradas/Salidas de Vehículos	La iluminación debe abordar las áreas de transacción de vehículos y las entradas y salidas de vehículos. Eh @grade; Ev@5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y el nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
CENTROS PEATONALES	Ver Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminación para Comercios/CENTROS, EXTERIORES						
ESCALERAS PEATONALES	Consulte la Tabla 34.2/ Recomendaciones/CENTROS de Iluminación Minorista, EXTERIORES						

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior continúa en la página siguiente

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
			■		■	
			■			■
			■		■	
			■		■	
			■		■	

Notas para el Cuadro 26.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 26.3 Criterios de iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia.
objetivos para un proyecto. Ver Tabla 26.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 26.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 26.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g- Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.
i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.
j- Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia Recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.
k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es "Habitación o Área Designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como pantallas fijas o diseños de góndola específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la " Tarea Propiamente Dicha y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior

Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal: Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25, 25-65, >65 (Categoría, Indicador) — Objetivos (E_v) Vertical: Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25, 25-65, >65 (Categoría, Indicador)

Uniformidad de los Objetivos[e] — Sobre el Área de Cobertura: 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades — Max:Prom. Prom.:Min Max:Min — Área Típica de Cobertura[f]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas
FUENTES	Véase 26.2.4 para una discusión.
CUBIERTAS DE ESTACIONAMIENTO	Aparcamiento cubierto. Consulte ESTACIONAMIENTOS para conocer la iluminación de la parte superior de la terraza. Véase 26.2.5 para una discusión. A continuación se incluye una lista de verificación de probables tareas de aplicación y áreas para las cuales se deben establecer criterios de iluminancia.
• Esquinas,Rampas Dedicadas	La iluminación debe abordar las esquinas y rampas dedicadas principalmente, si no exclusivamente, a la actividad vehicular sin estacionamiento contiguo. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar Iluminancia con los criterios de edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i
Pasillos de Conducción/Áreas de Estacionamiento	La iluminación debe abordar los pasillos de entrada y los estacionamientos adyacentes con actividad mixta de peatones y vehículos. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i
• Áreas de Entrega y Recogida, Áreas Interiores de Transacción de Vehículos y Valets	La iluminación debe abordar las áreas de cortesía para dejar y recoger a los pasajeros y los valet con actividad mixta de peatones y vehículos. La iluminación debe abordar las áreas de transacción de vehículos alejadas de los portales cubiertosde entrada/salida . Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i
• Vestíbulos de Ascensores, Áreas de Transacciones Peatonales y Escaleras	La iluminación debe dirigirse al vestíbulo y a las áreas de transacción de tarifas de estacionamiento para peatones. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i
• Entrada y Salida Vehicular	La iluminación debe abordar las entradas y salidas de vehículos y las áreas peatonales y de estacionamiento adyacentes. Eh @piso terminado; Ev @5' AFF en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias en ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i
ESTACIONAMIENTOS	Instalaciones de estacionamiento abiertas, incluidas las partes superiores de las plataformas de estacionamiento. Véase 26.2.6 para una discusión. Una lista de verificación de posibles tareas de aplicación y a continuación se detallan las áreas para las cuales se deben establecer criterios de iluminancia.
• Pasillos de Circulación/Áreas de Estacionamiento	La iluminación debe abordar los pasillos de entrada y los estacionamientos adyacentes con actividad mixta de peatones y vehículos. Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i
• Áreas de Transacciones Peatonales	La iluminación debe abordar las áreas de transacción de tarifas de estacionamiento para peatones. Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y el nivel de actividad alto, medio o bajo.i
• Áreas de Transacción de Vehículos y Entradas/Salidas de Vehículos	La iluminación debe abordar las áreas de transacción de vehículos y las entradas y salidas de vehículos. Eh @grade; Ev@5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y el nivel de actividad alto, medio o bajo.i
CENTROS PEATONALES	Ver Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminación para Comercios/CENTROS, EXTERIORES
ESCALERAS PEATONALES	Consulte la Tabla 34.2/ Recomendaciones/CENTROS de Iluminación Minorista, EXTERIORES

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior continúa en la página siguiente

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65
		Categoría		Indicador	Categoría		Indicador
VÍAS PEATONALES Y VÍAS PARA BICICLETAS	Vías exteriores de circulación para peatones y bicicletas. Véase 26.2.9 para una discusión. A continuación se incluye una lista de verificación de tareas de probable aplicación para las cuales se deben establecer criterios de iluminancia						
• Calle adyacente	La iluminación debe abordar el pavimento (aceras) de los carriles peatonales o ciclistas adyacentes a la calle. Ver PEATON Y BICICLETA VÍAS/Paso subterráneo adyacente a la calle para discusión relacionada con aceras adyacentes a calles en pasos subterráneos. Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
• Lejos de la calle	La iluminación debe abordar el pavimento de los carriles peatonales o ciclistas distantes de la calle (caminos y pasarelas, incluidos puentes y pasos subterráneos exclusivos para peatones y ciclistas). Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de desplazamiento. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados de este plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y la actividad alta, media o baja.						
• Paso subterráneo adyacente a la calle	La iluminación debe abordar el pavimento de los carriles peatonales o ciclistas adyacentes a la calle en pasos inferiores (aceras en pasos inferiores). Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados de este plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y el nivel de actividad alto, medio o bajo.i						
PLAZAS	Consulte la Tabla 34.2 / Recomendaciones de Iluminación para Comercios Minoristas/CENTROS, EXTERIORES/Plazas y Plazas						
PISCINAS AL AIRE LIBRE	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO						
EXTERIORES RESIDENCIALES	Ver 33 | ILUMINACIÓN PARA RESIDENCIAS						
VENTA AL POR MENOR, AL AIRE LIBRE ,	Ver 34 / ILUMINACIÓN AL POR MENOR						
CARRETERAS	Consulte IES RP-81 Iluminación de Carreteras para conocer los criterios para estas tareas basadas en vehículos.						
ROTONDAS	Consulte la Guía de Diseño IES DG-191 para Iluminación de Rotondas para conocer los criterios para estas tareas basadas en vehículos.						
TÚNELES	Consulte la Práctica Recomendada IES RP-22/IESNA para Iluminación de Túneles para conocer los criterios para estas tareas basadas en vehículos.						

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada

Notas para el Cuadro 26.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 26.3 Criterios de iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia.
objetivos para un proyecto. Ver Tabla 26.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 26.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Así se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la tabla 26.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con relaciones de luminancia y reflectancias de superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de corta duración asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g- Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.
i. Consulte la Tabla 22.41 Definiciones de niveles de actividad en interiores y exteriores durante la noche.
j- Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están pensados para su aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras cuando la iluminación se considera necesaria o deseable. Durante el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación como se indica. Ver Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia Recomendados para traspaso de luz para los límites de iluminancia recomendados para traspaso de luz.
k. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
l. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es "Habitación o Área Designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones donde se conoce la posición de la tarea, como pantallas fijas o diseños de góndola específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando se aplica la iluminancia objetivo a la " Tarea Propiamente Dicha y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Cuadro 26.2 | Recomendaciones de Iluminación Exterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65 (Indicador)	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65 (Indicador)	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VÍAS PEATONALES Y VÍAS PARA BICICLETAS	Vías exteriores de circulación para peatones y bicicletas. Véase 26.2.9 para una discusión. A continuación se incluye una lista de verificación de tareas de probable aplicación para las cuales se deben establecer criterios de iluminancia													
• Calle adyacente	La iluminación debe abordar el pavimento (aceras) de los carriles peatonales o ciclistas adyacentes a la calle. Ver PEATON Y BICICLETA VÍAS/Paso subterráneo adyacente a la calle para discusión relacionada con aceras adyacentes a calles en pasos subterráneos. Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados del plano. Coordinar los criterios de iluminancia con edades de los observadores y nivel de actividad alto, medio o bajo.i													
• Lejos de la calle	La iluminación debe abordar el pavimento de los carriles peatonales o ciclistas distantes de la calle (caminos y pasarelas, incluidos puentes y pasos subterráneos exclusivos para peatones y ciclistas). Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de desplazamiento. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados de este plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y la actividad alta, media o baja.													
• Paso subterráneo adyacente a la calle	La iluminación debe abordar el pavimento de los carriles peatonales o ciclistas adyacentes a la calle en pasos inferiores (aceras en pasos inferiores). Eh @grado; Ev @5' AFG en al menos las dos direcciones principales de viaje. La cara está definida por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje. Se evalúan las iluminancias a ambos lados de este plano. Coordinar los criterios de iluminancia con las edades de los observadores y el nivel de actividad alto, medio o bajo.i													
PLAZAS	Consulte la Tabla 34.2 / Recomendaciones de Iluminación para Comercios Minoristas/CENTROS, EXTERIORES/Plazas y Plazas													
PISCINAS AL AIRE LIBRE	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO													
EXTERIORES RESIDENCIALES	Ver 33 | ILUMINACIÓN PARA RESIDENCIAS													
VENTA AL POR MENOR, AL AIRE LIBRE ,	Ver 34 / ILUMINACIÓN AL POR MENOR													
CARRETERAS	Consulte IES RP-81 Iluminación de Carreteras para conocer los criterios para estas tareas basadas en vehículos.													
ROTONDAS	Consulte la Guía de Diseño IES DG-191 para Iluminación de Rotondas para conocer los criterios para estas tareas basadas en vehículos.													
TÚNELES	Consulte la Práctica Recomendada IES RP-22/IESNA para Iluminación de Túneles para conocer los criterios para estas tareas basadas en vehículos.													

Cuadro **26.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

26.2.1 ACENTUAR

Acentuar afecta las percepciones de brillo de las personas y proporciona alivio visual y puede usarse para atracción visual y orientación. Los criterios de iluminancia de acentuación se basan en la importancia prevista de la característica acentuada y la iluminancia horizontal en la ubicación de los observadores. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación Decorativa. Ver Figura 26.1.

26.2.2 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

Para las entradas a edificios, las variables que afectan los criterios de iluminación recomendados incluyen los niveles anticipados de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna.

Los niveles de actividad nocturna pueden variar según el tipo de instalación, el vecindario, los horarios específicos, como la noche de la semana, y otros eventos o actividades, como días festivos u horarios de trabajo extra. Ver Tabla 22.4 | Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar diversos escenarios en distintas noches mediante intervención manual, reloj automático y funciones de fotocélula. La zona de iluminación exterior nocturna en la que se ubica la instalación establece las categorías de iluminancia para las tareas exteriores.

Las zonas de iluminación exterior nocturna varían según las ordenanzas locales, las guías de sostenibilidad o la definición de lugar del propio equipo. Ver Tabla 26.4 | Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna.

Las necesidades de seguridad comerciales y fuera de horario, como monitoreo o grabación en el sitio o remoto, pueden requerir la ubicación de luminarias específicas e iluminancias específicas coordinadas con cámaras de seguridad y, fuera de horario, pueden requerir que algunas luminarias en las entradas del edificio permanezcan energizadas a través de la noche o colocadas con sensores de movimiento o interconectados con operaciones de cámara. Las zonas de control y las funciones del reloj deben diseñarse en consecuencia. Cuando el monitoreo remoto se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede ser innecesaria.

La iluminación de entrada debe realizar una transición entre la condición de iluminación interior y exterior. Tanto la iluminancia, uniformidad y luminancia de entrada interior como exterior son importantes. Las entradas deben ser atractivas y reflejar el ambiente interior. A menos que una “ruptura” de diseño distinta sea parte del esquema, los CCT y CRI de las lámparas deben basarse en el color de la iluminación interior. Esto puede incluso extenderse a la selección de luces de estacionamiento y de entrada.



FIGURA 26.1 | ACENTUACIÓN

Las banderas y las fuentes son puntos focales dramáticos (ver Tabla 15.2) y están diseñados para un promedio de 200 Ix (usando una suposición de 10 Ix para la iluminación de la calle [detrás de la cámara]). Los árboles se consideraron puntos focales moderados con una iluminancia del dosel diseñada para un promedio de 100 Ix. La iluminación del árbol establece un perímetro visual exterior, evita el efecto de un agujero negro y sirve como telón de fondo para crear siluetas eficaces para la vigilancia de seguridad. Las luminarias con clasificación húmeda/seca equipadas con lámparas halógenas de cuarzo PAR38/SP de 250 W que exhiben un haz central de 40 000 cd están centradas debajo de cada fuente de agua. » Imagen www.jmaconochie.com

Cuadro 26.4 | Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna

Zona	Situación de Iluminación Exterior	Definición
LZ4	Alta Iluminación Ambiental	Zonas de actividad humana donde la visión de los residentes y usuarios humanos se adapta a niveles elevados de iluminación. La iluminación generalmente se considera necesaria para la seguridad y/o conveniencia y es en su mayoría uniforme y/o continua. Después del toque de queda, la iluminación puede apagarse o reducirse en algunas áreas a medida que disminuyen los niveles de actividad.
LZ3	Iluminación Ambiental Moderadamente Alta	Zonas de actividad humana donde la visión de los residentes y usuarios humanos se adapta a niveles de iluminación moderadamente altos. La iluminación generalmente es deseada por motivos de seguridad y/o conveniencia y a menudo es uniforme y/o continua. Después del toque de queda, la iluminación puede apagarse o reducirse en la mayoría de las áreas a medida que disminuyen los niveles de actividad.
LZ2	Iluminación Ambiental Moderada	Zonas de actividad humana donde la visión de los residentes y usuarios humanos se adapta a niveles de luz moderados. Por lo general, se puede utilizar iluminación por motivos de seguridad y comodidad, pero no es necesariamente uniforme o continua. Después del toque de queda, las luces pueden apagarse o reducirse a medida que disminuyan los niveles de actividad.
LZ1	Iluminación Ambiental Baja	Áreas donde la iluminación puede afectar negativamente a la flora y la fauna o alterar el carácter del área. La visión de los residentes y usuarios humanos se adapta a niveles de luz bajos. Se puede utilizar iluminación por seguridad y conveniencia, pero no necesariamente es uniforme o continua. Después del toque de queda, la mayor parte de la iluminación debe apagarse o reducirse a medida que disminuyan los niveles de actividad.
LZ0	Sin Iluminación Ambiental	Áreas donde el entorno natural se verá afectado grave y negativamente por la iluminación. Los impactos incluyen perturbar los ciclos biológicos de la flora y la fauna y/o restar valor al disfrute y la apreciación humana del entorno natural. La actividad humana está subordinada en importancia a la naturaleza. La visión de los residentes y usuarios humanos está adaptada a la oscuridad y esperan ver poca o ninguna iluminación. Cuando no sea necesario, se debe apagar la iluminación.

26.2.3 FACHADAS

La iluminación de fachadas puede abordar una serie de objetivos, desde funcionales hasta decorativos o ambos. Existe la oportunidad de utilizar la iluminación de fachadas para contribuir a tareas funcionales al aire libre como caminar, cenar o socializar en algunas situaciones, como se ilustra en la Figura 26.2. La necesidad o deseo de iluminación de fachada debe establecerse durante la programación. Sin embargo, es posible que no se conozcan las oportunidades de diseño para la iluminación de fachadas hasta que los esquemas de diseño arquitectónico se hayan desarrollado lo suficiente. Hay tres enfoques generales para la iluminación de fachadas, cuando se considera esencial:

• Iluminación de elementos o detalles de la fachada

• Iluminación de campos de fachada

• Alguna combinación

Cualquiera de estas técnicas puede ser bastante efectiva. Sin embargo, es inapropiado el exceso de iluminación, tanto en intensidad como en área de cobertura, como resultado de una potencia inadecuada de la lámpara, de una óptica de la luminaria o de una geometría de distribución deficiente. Cuando las fachadas sean de vidrio o de metal especular o semiespecular, se desaconseja la iluminación. La mayoría de las técnicas aplicadas en este tipo de fachadas contribuyen en gran medida a la contaminación lumínica, ya que la mayor parte de la luz se refleja hacia arriba y hacia el cielo nocturno cuando se utiliza iluminación ascendente. Pocos resultados, o ninguno, de efectos de iluminación que valga la pena.

La iluminación de los elementos de la fachada puede ser muy eficaz, eficiente en el uso de energía y muy respetuosa con el cielo nocturno. Debe evitarse la iluminación excesiva. Si la intensidad es demasiado grande, entonces el detalle parece

levitar del edificio o desaparece visualmente. Si el área de cobertura es demasiado grande, el detalle se mezcla con el entorno y pierde atractivo. No existen criterios de uniformidad asociados con la iluminación de los detalles de la fachada. Las figuras 26.2 y 26.3 ilustran la iluminación de los detalles de la fachada.

Cuadro 26.5 | Límites de Iluminancia Recomendados para Traspaso de Luz

Zona Iluminada	Límite en Lux[a]	
	Pre-toque de queda	Post-toque de queda
LZ4	15	6
LZ3	8	3
LZ2	3	1
LZ1	1	0
LZ0	0.1	0

a. Iluminancia inicial máxima en un plano perpendicular a la línea de visión de la(s) luminaria(s). Plano ubicado en la posición del observador donde se está revisando la intrusión de luz. [7]

Cuando las fachadas son de un material opaco y de acabado mate o de un diseño que consiste en una pantalla decorativa compuesta de materiales opacos y mate, los campos de iluminación de la fachada pueden ser apropiados. Estos campos pueden consistir en grandes áreas repetitivas relacionadas con módulos arquitectónicos o escala o pueden consistir en toda la fachada. El desafío es seleccionar luminarias y establecer un diseño que minimice los gradientes o rayas fuertes y limite el derrame más allá de las áreas de cobertura prevista.

La combinación del enfoque de los campos de la fachada con el enfoque de los detalles de la fachada puede proporcionar interés visual y profundidad y establecer un contexto general del edificio nocturno que no se logra con solo uno u otro enfoque. Las figuras 11.3 y 26.4 ilustran enfoques combinados para la iluminación de fachadas. En cualquier caso, las lámparas con un CRI $\geq$80 son apropiadas para la mayoría de los tipos y acabados de fachadas, a menos que se desee un efecto de color específico. Las CCT se pueden utilizar para acentuar la dimensionalidad (como la iluminación de 3000 K en superficies de primer plano y la iluminación de 5000 K en superficies de fondo) o para un efecto dramático (como 6500 K) o para un efecto tradicional (como 2700 K).

Cuando los edificios tienen paredes exteriores de vidrio cerca de espacios interiores que a su vez exhiben paredes o techos resaltados, la fachada tendrá presencia durante las horas de ocupación, como se muestra en la Figura 26.1. La dispersión de luz hacia el exterior se puede limitar utilizando luminarias controladas ópticamente o luminarias de protección, orientándolas lejos de las ventanas y utilizando criterios de iluminación sensatos para los espacios interiores. Se pueden usar cortinas automáticas para impedir que la luz interior se escape después de un toque de queda predeterminado y razonable, si no es obligatorio.

La iluminación de fachadas en el sentido tradicional no es necesaria ni adecuada en muchas situaciones. El contexto de visualización y uso de las áreas cercanas al edificio y los niveles de actividad deberían afectar la decisión de iluminar o no la fachada y, si se ilumina, debería afectar el enfoque de diseño de la iluminación. Algunos edificios tienen un estatus histórico o cultural y una reverencia comunitaria. Algunos edificios se encuentran en rutas vehiculares o peatonales clave y pueden ayudar a definir la ruta o el lugar, servir como marcadores de destino y contribuir a las percepciones de seguridad.

Las técnicas para iluminar fachadas incluyen iluminación descendente, ascendente y de fondo o la iluminación interior comentada anteriormente. La iluminación descendente puede limitar la contaminación lumínica siempre que se realicen selecciones ópticas y potencias adecuadas. Sin embargo, se deben evaluar la dispersión de la luz hacia las propiedades adyacentes, el deslumbramiento directo, la estética visual de los equipos montados en la fachada y los procedimientos de mantenimiento más difíciles.

La iluminación ascendente debe controlarse ópticamente y ajustarse y bloquearse cuidadosamente para limitar la contaminación lumínica. Se deben evaluar la transitabilidad, el calor, la gestión del agua y la facilidad de mantenimiento y ajuste.



FIGURA 26.2 | DETALLE DE LA FACHADA

Cada columna de la columnata está iluminada con dos luces ascendentes con lámparas de 100 W/CMH/PAR38 que exhiben 3000 K y 82 CRI. Los iluminadores Ascendentes se colocan a cada lado de las columnas en una línea paralela a la cara frontal de las columnas. Esto introduce profundidad visual a la fachada y acentúa los detalles de piedra de las columnas y capiteles. » Imagen © Glen Calvin Moon

26.2.4 FUENTES DE AGUA

El acento para una fuente de agua puede cumplir la función de acento identificada previamente en la sección 26.2.1. Sin embargo, es difícil establecer criterios de iluminancia para los efectos del agua. La dispersión y atenuación de la luz en el agua se ve afectada por la profundidad del agua sobre la fuente de luz. La aireación del agua a través de boquillas, si tal es el diseño de la fuente, afecta a la calidad de la luz refractada y reflejada. Cuando los efectos de la fuente son cascadas o caídas, la altura del derrame y la aireación afectan la calidad de los efectos de iluminación. Generalmente, las luminarias deben colocarse a unas pocas pulgadas de la línea de flotación para que sean efectivas. Para las fuentes clásicas que consisten en chorros de largo y medio alcance, la potencia de las candelas del haz central es más importante que la potencia. Los haces más estrechos generalmente son mejores para rociados de agua más largos con una luminaria por boquilla rociadora colocada lo más cerca posible de la base del chorro. En cascadas o caídas, las luminarias deben estar centradas en la posición objetivo de la caída del agua. Consulte con los diseñadores de fuentes y proveedores de luminarias para determinar el equipo de iluminación apropiado para los efectos del agua planificados. El equipo debe

estar certificado según los estándares UL/CSA/NOM para aplicaciones subacuáticas. El diseñador debe evaluar las necesidades de equipos secos/húmedos y clasificaciones IP68. Ver Figuras 26.1 y 26.5.

Aunque parezca conveniente, iluminar fuentes y otros elementos acuáticos desde fuera del elemento agua normalmente no tiene éxito. A menos que estén muy cerca de la fuente de agua, literalmente a unos pies, si no a pulgadas, o extraordinariamente potentes, los chorros aireados, las cascadas o las cascadas aparecerán planas y muy tenues. Las piscinas reflectantes o elementos de aguas tranquilas simplemente reflejarán la luz focal en la dirección opuesta a la de la luz entrante. Esto es deslumbrante, oscurece cualquier detalle o interés visual y sólo es visible desde un punto de observación muy específico. De acuerdo con la práctica de diseño para todas las aplicaciones de iluminación, el equipo de diseño debe investigar, determinar y abordar códigos y estándares específicos de la iluminación con elementos acuáticos. Los factores afectados pueden incluir requisitos de calificación, etiquetado y listado de luminarias, tipos de lámparas, voltajes de operación, requisitos de corte del haz, entre otros.



FIGURA 26.3 | DETALLE DE LA FACHADA

Aquí los "detalles" de esta estructura moderna de 1931 son bastante simples y grandes. La iluminación de estos elementos repetitivos no resalta ningún detalle decorativo inherente, pero ayuda a establecer una presencia nocturna del edificio sin iluminar toda la fachada. La retroiluminación crea un efecto más dimensional que la iluminación con focos. Aquí, se añaden filtros tipo bombilla a las luces ascendentes de halogenuros metálicos que iluminan las aberturas de la fachada para dar la apariencia de una lámpara de incandescencia que brilla desde el interior del edificio.

» Fotografía ©Brad Feinknopf 2004

26.2.5 PLATAFORMAS DE ESTACIONAMIENTO

La iluminación de las plataformas de estacionamiento y subterráneos es más efectiva cuando se abordan los siguientes detalles:

• Evaluar las oportunidades de iluminación natural

• Definir actividades y tareas

• Definir reflectancias de superficie

• Definir acentuación

• Establecer criterios de iluminancia horizontal, incluidas uniformidades

• Establecer iluminancia vertical criterios, incluyendo uniformidades

• Establecer criterios de realce

Las estructuras sobre el suelo, las plataformas de estacionamiento, son un cruce entre el espacio interior y exterior. Las oportunidades de iluminación natural deben explorarse al principio del proyecto. El "diseño" de muchas estructuras de estacionamiento son lo suficientemente formuladas como para que la mayor parte de la iluminación natural sólo pueda ser fraccionada. Es decir, para las estructuras sobre el suelo, la estructura en sí no está orientada ni diseñada para aprovechar la iluminación natural, dejando así sólo la opción gradual de apagar algunas luces cerca de las aberturas de luz natural siempre y cuando la luz natural cumpla con el objetivo de iluminancia. Ver 11.3.2.4 Estrategias de Diseño. Los subterráneos, construidos intencionalmente debajo de los edificios, generalmente no tienen oportunidad de iluminación natural.

Definir las actividades y tareas dentro de la plataforma ayuda en el desarrollo de un diseño de iluminación integral que aborde las necesidades de los usuarios. Es más probable que se minimicen la iluminación excesiva y el uso de energía, lo que puede dar lugar a un entorno visualmente más atractivo. Por ejemplo, al comprender y abordar las tareas en áreas funcionales clave, como entradas y salidas de vehículos y peatones, vestíbulos de ascensores, estaciones de pago y bajadas de pasajeros o valet, la iluminación se adapta mejor a su funcionamiento. Revise la lista en la Tabla 26.2 y visite varios estacionamientos para comprender los usos. Esta información se utiliza para establecer criterios de iluminancia.

Las reflectancias de la superficie afectan significativamente la eficiencia de la luz eléctrica y la luz natural. Es apropiado recomendar valores de reflectancia de la luz (LRV) del 50% en la mayoría de las columnas y paredes y al menos del 65% en las superficies del cielorraso. Cuando se utilizan acentos de color para codificar pisos y guiar a los usuarios, los LRV deben ser al menos del 30 %. Como ilustra la Figura 26.6, los LRV altos y las distribuciones luminosas apropiadas de las luminarias mejoran en gran medida las luminancias y las percepciones generales. Los LRV altos tienen las siguientes ventajas: 1. Ayudan con iluminancias verticales a la altura de las caras y en columnas y paredes, permitiendo luminarias de menor potencia.

2. Ayudar a lograr mejores uniformidades en las iluminancias horizontales y verticales, reduciendo potencias y cantidades de equipos.

3. Reducir el deslumbramiento aumentando la luminancia de fondo contra la cual se ven las luminarias.

4. Mejorar las percepciones de los usuarios.





FIGURA 26.4| CAMPO DE FACHADA Y CARACTERÍSTICAS

El campo de la fachada inferior está iluminado y sirve para proporcionar suficiente iluminación horizontal y vertical en la terraza para la circulación o un evento con catering. Los farolillos colgantes son decorativos y están iluminados con una lámpara de incandescencia. Las características se acentúan en la fachada del segundo piso. Los marcos de las ventanas están iluminados al igual que el detalle del hastial. Los controles automatizados permiten retrocesos convenientes mediante conmutación y atenuación.

» Imágenes www.jmaconochie.com

Además de que las reflectancias de la superficie contribuyen a la eficiencia general del sistema de iluminación, los controles contribuyen en gran medida al uso general de energía y ajustan la iluminancia a los niveles de actividad y los toques de queda. El funcionamiento automatizado del reloj astronómico, la fotocélula y el sensor de movimiento ayudarán a mantener un funcionamiento constante y eficiente. Se pueden utilizar fuentes de luz de encendido instantáneo y fácilmente atenuadas con estas técnicas de control para aumentar la iluminancia basándose en la detección de los ocupantes según sea necesario durante períodos de baja actividad o después del toque de queda.

26.2.5.1 CRITERIOS DE ILUMINACIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE ESTACIONAMIENTO

Consulte la librería en www.ies.org para obtener actualizaciones sobre la iluminación de las instalaciones de estacionamiento con fecha de 2011 o posterior. Si no hay actualizaciones disponibles, documente el siguiente procedimiento para establecer criterios de iluminancia recomendados para revisar con el equipo y el propietario del proyecto en cuestión.

1. Revise la Sección 4.12 Un sistema de Determinación de Iluminancia.

2. Establecer una categoría de iluminancia para cada actividad y tarea adecuada al nivel de actividad y a la zona de iluminación exterior nocturna.

3. Evaluar las edades de los observadores y determinar objetivos de iluminancia horizontal y vertical apropiados.

4. Determinar el espesor de diseño (promedio, mínimo, máximo) y uniformidades.

5. Determinar si los multiplicadores mesópicos son apropiados.

6. Finalizar los criterios de iluminancia diurna y nocturna recomendados para el proyecto.

UN SISTEMA DE DETERMINACIÓN DE ILUMINANCIA

La Sección 4.12 describe el último sistema IES para determinar los criterios de iluminancia. Las categorías de iluminancia se identifican en la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados. Las terrazas de estacionamiento son un cruce entre el espacio interior y exterior. Los precedentes sugieren que las categorías A a K forman un grupo apropiado a partir del cual determinar los criterios de iluminación nocturna para muchas actividades y tareas en los estacionamientos. Sin embargo, el diseñador debe evaluar estos criterios en el contexto del nivel de actividad y la zona de iluminación.



FIGURA 26.5 | ACENTUACIÓN DE FUENTES

Las fuentes pueden ser piezas centrales en parques, plazas o jardines públicos. Aunque la iluminación aportará poca iluminación al área circundante, la luminancia los califica como puntos focales dramáticos o característicos. Esta

luminancia se puede hacer más dramática con una iluminación baja, si la hay, en las proximidades de la fuente. Las luminarias subacuáticas se iluminan con lámparas de incandescencia o LED y, por lo general, están atenuadas. Los LED ofrecen la ventaja de un color saturado o efectos de color sincronizados con efectos de fuente dinámicos con mucha mayor eficiencia que sus homólogos de filamento. Cuando los elementos acuáticos funcionan como piscinas reflectantes, no se introducen efectos de iluminación subacuática.

» Imagen ©Dan Bannister/JAI/Corbis

ACTIVIDADES Y TAREAS

Describa las diversas actividades y tareas que se abordarán en el estacionamiento. Esto puede ser un levantamiento, extensión o modificación de los citados en la Tabla 26.2 o una evaluación completamente diferente por parte del diseñador basada en una encuesta de tareas (ver Tabla 12.3 | Muestra de Encuesta Visual de Tareas). Algunas actividades y tareas abordadas en otros capítulos, como escaleras o vestíbulos de ascensores (consulte la Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes), pueden considerarse apropiadas. En cualquier caso, la mayoría, si no todas, las actividades y tareas necesitarán criterios de iluminancia horizontal y vertical. El diseñador debe definir y seguir estos requisitos del plano. Para situaciones de estacionamiento, casi todos los criterios de iluminancia horizontal se aplican al nivel o piso terminado. Los criterios de iluminancia vertical están relacionados con la altura de la cara para estar de pie o para caminar, generalmente identificada a 5 pies por encima del nivel terminado. El diseñador debe establecer qué direcciones de visualización son más importantes con un mínimo de dos direcciones de viaje y a veces hasta cuatro.

CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA PRELIMINARES

Para cada una de las actividades, tareas y planos de interés, identifique una categoría de iluminancia preliminar basada en la experiencia, el precedente de IES o el estudio de la aplicación típica de las categorías y las características de las tareas y la descripción del desempeño visual en la Tabla 4.1. Desarrollar una tabla que describa los criterios para los tres métodos permitiría al diseñador utilizar promedios o al menos comprender el alcance de las variaciones. El objetivo es establecer los criterios de iluminancia más bajos adecuados a la necesidad. La iluminación excesiva por conveniencia es inapropiada.

NIVEL DE ACTIVIDAD

Los niveles de actividad influyen en los criterios de iluminancia. Los altos niveles de actividad exigen mayores iluminaciones para hacer frente a los volúmenes de tráfico de vehículos y peatones. Los tiempos de reacción suelen ser más cortos ya que la probabilidad de interacción entre vehículos y peatones es mayor. Del Cuadro 22.4 | Definiciones de Nivel de Actividad Interior y Exterior Nocturna, identifique el nivel de actividad previsto. Para aquellas actividades y tareas en las que interactúan vehículos y peatones, utilice la categoría de nivel de actividad al aire libre. Para aquellas actividades y tareas en las que sólo participan personas, utilice la categoría de nivel de actividad interior. Si se espera que el nivel de actividad cambie según la hora del día, identifique los distintos niveles de actividad y sus duraciones. Generalmente, un nivel de “alta actividad” da mérito a la iluminancia más alta considerada. Un nivel de “actividad media” da mérito a la iluminancia moderada considerada. Un nivel de “baja actividad” da mérito a la iluminancia más baja considerada.

ZONA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR NOCTURNA

Las zonas de iluminación influyen en los criterios de iluminancia. Las zonas de iluminación en áreas más urbanas requieren mayores iluminancias dadas las densidades de actividad nocturna y la necesidad de mantener estados de adaptación consistentes con el entorno. Si no está codificado como parte de una ordenanza, código o iniciativa sostenible, entonces

de la Tabla 26.4 | Las Definiciones de Zona de Iluminación Exterior Nocturna determinan el descriptor de zona de iluminación más apropiado para el entorno ambiental dentro del cual se ubica el proyecto. Generalmente, Z4 y Z3 dan mérito a la iluminancia más alta considerada. Por cada paso de reducción en la zona de iluminación, se justifica una reducción de paso concomitante en la categoría de iluminancia.

EVALÚE LAS EDADES DE LOS OBSERVADORES.

Las categorías de iluminancia descritas en la Tabla 4.1 consisten cada una en un rango de tres objetivos de iluminancia con: un valor bajo asociado con situaciones donde las edades visuales de al menos la mitad de los observadores son menores de 25 años; un valor medio asociado a situaciones donde las edades visuales de al menos la mitad de los observadores están entre 25 y 65 años; y un valor alto asociado con situaciones donde las edades visuales de al menos la mitad de los observadores son mayores a 65 años. Cuando las edades visuales de los observadores se dividen equitativamente entre los tres grupos de edad, el diseñador debe establecer recomendaciones basadas en otras técnicas, como combinar dos grupos para establecer una mayoría y utilizar los criterios de iluminancia del grupo de mayor edad o utilizar los criterios de iluminancia del grupo de 25 a 65 años, y revisar el resultado con el equipo y el cliente. La deliberación puede incluir las horas de operación y el usuario. La deliberación podría incluir el horario de atención y los datos demográficos del usuario en distintos momentos del día y de la noche. Puede haber situaciones en las que más de la mitad de la clientela tenga edades visuales superiores a 65 años, pero la clientela sea superada en número por el personal, como podría ocurrir en un hospital donde el personal, los visitantes y los pacientes comparten el mismo estacionamiento. Diseñar para la clientela es una conclusión razonable. Una vez establecidas las edades visuales, el diseñador puede identificar los objetivos de iluminancia recomendados para las diversas actividades y tareas.

CALIBRES Y UNIFORMIDADES DE DISEÑO.

Los objetivos de iluminancia deben calcularse y medirse con un calibre de promedio, mínimo o máximo. Usando el promedio como indicador junto con las uniformidades de promedio a mínimo y de máximo a mínimo define los límites superior e inferior de iluminancia. Esto asegura una iluminancia mínima para fines de detección y adaptación y al mismo tiempo minimiza los efectos perjudiciales del exceso de iluminación si no se establece un máximo. Para plataformas de estacionamiento, las relaciones máxima-mínima no deben exceder 10 a 1 (10:1). Cuanto más estricta sea la relación de uniformidad máxima a mínima, más consistente será la iluminancia, lo que dará como resultado menos deslumbramiento y efectos de adaptación para las personas que viajan a través de la cubierta y producirá menos áreas de sombra, mejorando así la sensación de seguridad.

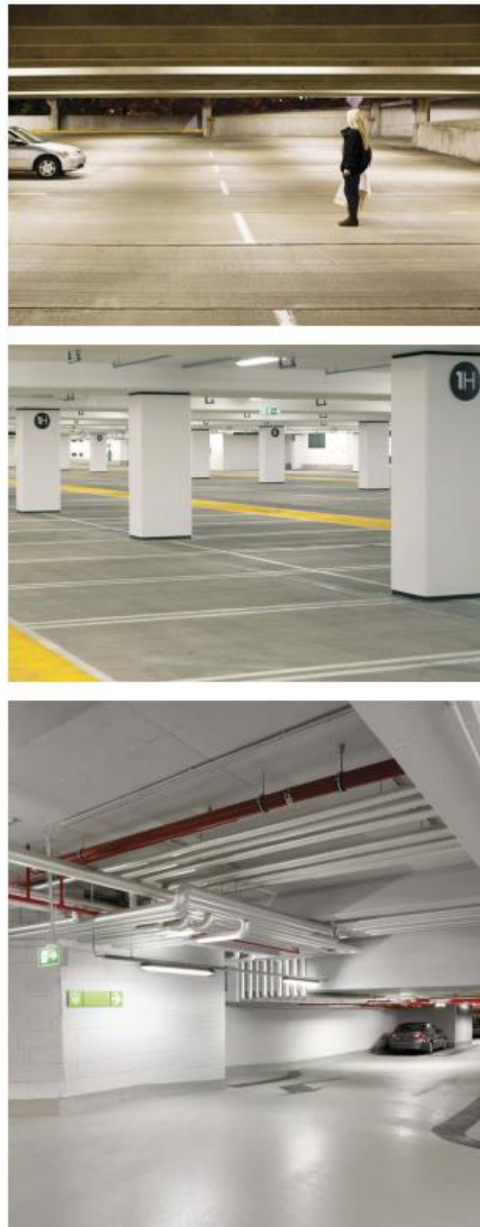


FIGURA 26.6 | PLATAFORMAS DE ESTACIONAMIENTO

La uniformidad de la iluminancia, tanto horizontal como vertical a la altura de la cara, es importante para la visibilidad en todo momento y en todas direcciones, para los estados de adaptación y para las percepciones. Las imágenes del medio y de abajo ilustran la eficacia de pintar superficies de cielosrrasos, paredes y columnas. Esto mejora significativamente la distribución de la luz y la eficiencia y minimiza el deslumbramiento. Las luminarias y lámparas que exhiben cualidades ópticas difusas generales, como las variedades fluorescentes que se muestran aquí, producen un deslumbramiento significativamente menor. Las lámparas con CRI ≥82 ofrecen una mejor discriminación de colores. La colocación estratégica de luminarias para resaltar las superficies verticales perimetrales ayuda a definir límites arquitectónicos, destinos como ascensores y escaleras, y señalización.

» Imagen superior ©Image Source/Corbis » Imagen central ©Jack Lacey/Corbis » Imagen inferior ©Gregor Schuster/Photographer's Choice/Getty

MULTIPLICADORES MESÓPICOS

Como se identifica en 4.12.3 Efectos Espectrales, un modificador adicional para situaciones de baja luminancia tiene en cuenta los estados de adaptación de los usuarios. El estado de adaptación es importante para desarrollar criterios de iluminancia recomendados para actividades y tareas con poca luz. Para tener alguna comprensión del estado de adaptación, se debe identificar un enfoque de iluminación tentativo. En un sentido muy aproximado, la iluminación directa (sólo luz descendente) en una plataforma de estacionamiento dará como resultado un estado de adaptación menor que toda la iluminación indirecta o alguna combinación de directa e indirecta.

Generalmente, a medida que los ojos se adaptan a las luminancias más bajas experimentadas en entornos de baja iluminancia, se produce una adaptación mesópica, normalmente a 3 cd/m^2 o menos. Ver Tabla 2.1 | Estados de Adaptación de la Visión. Estas son luminancias que pueden experimentarse en situaciones de poca luz con reflectancias superficiales de moderadas a bajas o en situaciones de muy poca luz con reflectancias de moderadas a altas. Como podría ocurrir en algunas situaciones de estacionamiento subterráneo o estacionamiento exteriores, y pasarelas peatonales. Bajo adaptación mesópica, las lámparas con espectros que exhiben longitudes de onda más cortas (calidad de color de tonos más fríos) son más eficaces que las de longitud de onda más larga (contrapartes de tonos más cálidos). Es muy posible, especialmente cuando las iluminancias son inferiores a 10 lx, encontrar una situación de diseño específica en la que una evaluación de la luminancia de fondo muestre, por ejemplo, que un sistema de iluminación que utiliza lámparas estándar HPS de 2000 K es un 13 por ciento menos eficaz que uno que utiliza lámparas CMH de 3000 K o un 19 por ciento menos eficaz que uno que utiliza lámparas CMH de 4000 K. Cuadro 26.6 | La Hoja de Trabajo de Ejemplo de Multiplicador Mesópico de Plataforma de Estacionamiento describe los pasos necesarios para determinar si es probable que los observadores se encuentren en el estado de adaptación mesópica y, de ser así, el efecto de varias opciones de iluminación en los criterios de iluminancia para este ejemplo.

Utilizando el método descrito en 4.12.3 y la Figura 4.27, los multiplicadores mesópicos ajustan los criterios de iluminancia para tener en cuenta la luminancia fotópica de fondo anticipada y los espectros de las lámparas bajo consideración. En el ejemplo de la Tabla 26.6, en la fase de diseño, esto significa que los criterios de iluminancia deberían aumentarse si se consideran lámparas HPS para la situación de diseño específica analizada aquí o disminuirse si se consideran lámparas CMH. Esto puede afectar las potencias de las lámparas, las selecciones y diseños de luminarias, o ambos, y puede afectar en gran medida las cargas conectadas o los esquemas de control para el funcionamiento nocturno y situaciones de toque de queda. Si se consideran lámparas LED, se requieren datos S/P y fotometría.

FINALIZANDO LOS CRITERIOS DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS.

Detallar los criterios de uniformidad e iluminancia horizontal y vertical diurna y nocturna. Generalmente, las iluminaciones nocturnas son consistentes en todas las áreas de acceso de vehículos, incluidos los pasillos de acceso y las plazas de estacionamiento, rampas y esquinas, y entradas y salidas. Esto se considera una condición de iluminancia de referencia. Las iluminancias diurnas responden a la naturaleza de las tareas y estados de adaptación respecto a la luz natural exterior. Las iluminancias diurnas en los pasillos de entrada y en las plazas de estacionamiento son consistentes con las iluminancias de referencia nocturnas. Sin embargo, las rampas y esquinas pueden iluminarse hasta 2 veces la línea base durante las horas de operación con luz diurna, mientras que las entradas y salidas se iluminan hasta 10 veces la línea base durante las horas de operación con luz diurna. Ver Figura 26.7. Además, los acabados superficiales de paredes y cielosrrasos, particularmente en las proximidades de rampas, esquinas y entradas y salidas, deben exhibir LRV altos. Durante las horas de operación con luz diurna, emplee estrategias utilizando cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo. La iluminación natural puede requerir enfoques arquitectónicos no convencionales.



FIGURA 26.7 | ENTRADAS A LAS PLATAFORMAS DE ESTACIONAMIENTO

Las luminancias en las entradas y salidas de las plataformas de estacionamiento, tanto sobre el suelo como subterráneas, son fundamentales para los estados de adaptación de los conductores cuando entran o salen de la estructura de estacionamiento relativamente oscura durante las horas del día. Los LRV de superficie relativamente alta son importantes para lograr luminancias de transición del exterior al interior y viceversa durante las horas de funcionamiento diurnas. Los diseños arquitectónicos que pasan de aberturas exteriores de 2 o 3 pisos a una circulación interior de 1 piso ayudan mucho con la iluminación natural de estas áreas. Durante las horas de operación nocturna, las iluminancias en las entradas y salidas se reducen mediante conmutación o atenuación selectiva para recortar las iluminancias para que coincidan con las condiciones de referencia en los pasillos de entrada y las plazas de estacionamiento dentro de la estructura del estacionamiento.

» Imágenes ©ONIMAGE/plainpicture/Corbis

Cuadro 26.6 | Hoja de Trabajo de Ejemplo de Multiplicador Mesópico para Plataforma de Estacionamiento

Paso	Proceso	Para Este Ejemplo
1	**Enfoque de Diseño Tentativo** Para juzgar mejor la luminancia fotópica ($L_{fotópica}$) en un interior con poca luz o en una situación interior/exterior como la que se podría encontrar en una plataforma de estacionamiento de baja actividad en una zona de iluminación exterior nocturna Z1, determine el enfoque de iluminación tentativo: directo; directo indirecto; indirecto.	Digamos directa/indirecta con un 85% de luz directa y un 15% de luz indirecta, como se podría lograr con algunos sistemas fluorescentes o HID.
2	**Establecer Criterios de Iluminancia Fotópica Recomendados** La iluminancia afecta la luminancia fotópica. Identifique los criterios de iluminancia fotópica horizontal (Eh) y vertical (Ev) de la Tabla 4.1.	• $E_{hfotópica}$ = 6 lx promedio, mantenido • $E_{vfotópica}$ = 2 lx promedio, mantenido
3	**Proponer Reflectancias de Superficie** Las reflectancias también afectan la luminancia fotópica. Proponer reflexiones preliminares.	
	Reflectancia del cielorraso ($\rho_{cielorraso}$)	65 % (0.65)
	Relectancia del piso (ρ_{piso})	40 % (0.40)
	Reflectancia de pared ($\rho_{paredes}$)	40 % (0.40)
4	**Determine Photopic Luminance** Para el promedio $L_{fotópica}$ in observer's field of view, sum and average relevant luminances.	
	a. $L_{fotópica}$ del piso= $(E_h \times \rho_{piso}) \div \pi$	0.76 cd/m^2
	b. $L_{fotópica}$ de las paredes $(E_v \times \rho_{paredes}) \div \pi$	0.25 cd/m^2
	c. $L_{fotópica}$ del cielorraso de 85% luz directa $= 0.85 \times ((E_h \times \rho_{piso} \times \mathbf{0.8}) + (E_v \times \rho_{paredes} \times (1-\mathbf{0.8}))) \times \rho_{cielorraso} \div \pi$	0.36 cd/m^2
	d. $L_{fotópica}$ del cielorraso con un 15% de luz indirecta $= 0.15 \times ((E_h \div \mathbf{0.8}) \div \pi)$	0.36 cd/m^2
	e. $L_{fotópica}$ total del cielorraso = $L_{fotópica}$ luz directa + $L_{fotópica}$ luz indirecta	0.72 cd/m^2
	f. $L_{fotópica}$ del ambiente = Contribución promedio de $L_{fotópica}$ identificada en a, b, y arriba de e $L_{fotópica}$ del ambiente = $((2xL_{fotópica}$ del piso$)+(2xL_{fotópica}$ del cielorraso$)+(1xL_{fotópica}$ de paredes$))\div 5$	0.64 cd/m^2
5	**Estado de Adaptación** Confirmar que la luminancia del entorno pone al observador en estado mesópico de adaptación (≤3 cd/m2).	
6	**Multiplicadores Mesópicos** Determine multipliers to adjust recommended photopic illuminance target values for mesopic adaptation.	
	• 2000 K HPS illuminance criteria multiplier	1.07
	• 3000 K CMH illuminance criteria multiplier	0.95 (13% mejor que 2000 K HPS)
	• 4000 K CMH illuminance criteria multiplier	0.9 (19% mejor que 2000 K HPS)
7	**Criterios de Iluminancia Mesópica Recomendados** Objetivo de iluminancia recomendado ajustado según la selección de lámpara.	
	2000 K HPS (multiplicar los objetivos de iluminancia fotópica por 1,07)	• $E_{h\,mesópica}$ = 6.4 lx promedio, mantenido • $E_{v\,mesópica}$ = 2.1 lx promedio, mantenido
	3000 K CMH (multiplicar los objetivos de iluminancia fotópica por 0,95)	• $E_{h\,mesópica}$ = 5.7 lx promedio, mantenido • $E_{v\,mesópica}$ = 1.9 lx promedio, mantenido
	4000 K CMH (multiplicar los objetivos de iluminancia fotópica por 0,9)	• $E_{h\,mesópica}$ = 5.4 lx promedio, mantenido • $E_{v\,mesópica}$ = 1.8 lx promedio, mantenido

Referencia y Justificación
Consulte el informe fotométrico para determinar el porcentaje de lúmenes directos y de lúmenes indirectos para una luminaria potencial. Este es un "escenario hipotético para probar una luminaria para su consideración y determinar si los observadores estarán en un estado mesópico de adaptación y, de ser así, el alcance de efectos espectrales de la fuente de luz sobre los criterios de iluminancia finales recomendados. La adaptación mesópica es típica en situaciones en las que es probable que la iluminancia sea de 10 lx o menos, en promedio, mantenida.
A discreción del diseñador para la recomendación al equipo y al cliente según la Tabla 4.1 Categoría D, iluminancia mantenida promedio, edades visuales de al menos la mitad de los observadores tienen entre 25 y 65 años, nivel de actividad bajo, zona de iluminación exterior nocturna Z1.
A discreción del diseñador y normalmente entre 1/3 y 1/2 Eh
Pintar los cielosrrasos mejora la eficiencia y la uniformidad. Se requiere limpieza y repintado periódicos.
Pintar pisos o usar concreto altamente reflectante mejora la eficiencia. Se requiere limpieza y repintado periódicos.
Pintar paredes mejora la eficiencia. Suponiendo aquí que algunas paredes sean blancas y otras de color. Se requiere limpieza y repintado periódicos.
El valor de 0,8 es un factor de forma asumido, que representa la cantidad de flujo emitido por las respectivas superficies (piso y paredes en este caso) que probablemente llegue al cielorraso. En espacios amplios y con cielosrrasos relativamente bajos, los factores de forma entre el piso y el cielorraso se aproximan a 1. Consulte 10.4.2.1 Transferencia Radiativa para obtener más información.
El valor 0,8 es un factor de forma asumido. Consulte 10.4.2.1 Transferencia Radiativa para obtener más información.
El campo de visión binocular del observador se puede definir para alguna ubicación relativamente central en una plataforma de estacionamiento con el piso y el cielorraso subtendiendo alrededor de 2 estereorradián de ángulo sólido cada uno y las paredes subtendiendo 1 estereorradián de ángulo sólido para un total de 5 estereorradián.
Al promediar las luminancias fotópicas mediante ángulos sólidos (en estereorradianes) se obtiene el valor de luminancia fotópica que se utilizará en la Figura 4.27.
Ver Tabla 2.1 | Estados de Adaptación de la Visión.
Utilice el " $L_{fotópica}$ del valor ambiental" de 0,64 cd/m2 del Paso 4 para determinar los multiplicadores de la Figura 4.27.
Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas HPS de 2000 K con S/P de 0,60 para este ejemplo específico.
Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas CMH de 3000 K con S/P de 1,38 para este ejemplo específico.
Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas CMH de 4000 K con S/P de 1,81 para este ejemplo específico.
Criterios de iluminancia mesópica recomendados si para este ejemplo específico se proponen lámparas HPS de 2000 K con S/P de 0,60.
Criterios de iluminancia mesópica recomendados si se proponen lámparas CMH de 3000 K con S/P de 1,38 para este ejemplo específico.
Criterios de iluminancia mesópica recomendados si se proponen lámparas CMH de 4000 K con S/P de 1,81 para este ejemplo específico.

Cuadro 26.6 | Hoja de Trabajo de Ejemplo de Multiplicador Mesópico para Plataforma de Estacionamiento

Paso	Proceso	Para Este Ejemplo	Referencia y Justificación
1	**Enfoque de Diseño Tentativo** Para juzgar mejor la luminancia fotópica ($L_{fotópica}$) en un interior con poca luz o en una situación interior/exterior como la que se podría encontrar en una plataforma de estacionamiento de baja actividad en una zona de iluminación exterior nocturna Z1, determine el enfoque de iluminación tentativo: directo; directo indirecto; indirecto.	Digamos directa/indirecta con un 85% de luz directa y un 15% de luz indirecta, como se podría lograr con algunos sistemas fluorescentes o HID.	Consulte el informe fotométrico para determinar el porcentaje de lúmenes directos y de lúmenes indirectos para una luminaria potencial. Este es un "escenario hipotético para probar una luminaria para su consideración y determinar si los observadores estarán en un estado mesópico de adaptación y, de ser así, el alcance de efectos espectrales de la fuente de luz sobre los criterios de iluminancia finales recomendados. La adaptación mesópica es típica en situaciones en las que es probable que la iluminancia sea de 10 lx o menos, en promedio, mantenida.
2	**Establecer Criterios de Iluminancia Fotópica Recomendados** La iluminancia afecta la luminancia fotópica. Identifique los criterios de iluminancia fotópica horizontal (Eh) y vertical (Ev) de la Tabla 4.1.	• $E_{h fotópica}$ = 6 lx promedio, mantenido	A discreción del diseñador para la recomendación al equipo y al cliente según la Tabla 4.1 Categoría D, iluminancia mantenida promedio, edades visuales de al menos la mitad de los observadores tienen entre 25 y 65 años, nivel de actividad bajo, zona de iluminación exterior nocturna Z1.
		• $E_{v fotópica}$ = 2 lx promedio, mantenido	A discreción del diseñador y normalmente entre 1/3 y 1/2 Eh
3	**Proponer Reflectancias de Superficie** Las reflectancias también afectan la luminancia fotópica. Proponer reflexiones preliminares.		
	Reflectancia del cielorraso ($\rho_{cielorraso}$)	65 % (0.65)	Pintar los cielosrrasos mejora la eficiencia y la uniformidad. Se requiere limpieza y repintado periódicos.
	Relectancia del piso (ρ_{piso})	40 % (0.40)	Pintar pisos o usar concreto altamente reflectante mejora la eficiencia. Se requiere limpieza y repintado periódicos.
	Reflectancia de pared ($\rho_{paredes}$)	40 % (0.40)	Pintar paredes mejora la eficiencia. Suponiendo aquí que algunas paredes sean blancas y otras de color. Se requiere limpieza y repintado periódicos.
4	**Determine Photopic Luminance** Para el promedio $L_{fotópica}$ in observer's field of view, sum and average relevant luminances.		
	a. $L_{fotópica}$ del piso = $(E_h \times \rho_{piso}) \div \pi$	0.76 cd/m^2	
	b. $L_{fotópica}$ de las paredes $(E_v \times \rho_{paredes}) \div \pi$	0.25 cd/m^2	
	c. $L_{fotópica}$ del cielorraso de 85% luz directa $= 0.85 \times ((E_h \times \rho_{piso} \times \mathbf{0.8}) + (E_v \times \rho_{paredes} \times (1-\mathbf{0.8}))) \times \rho_{cielorraso} \div \pi$	0.36 cd/m^2	El valor de 0,8 es un factor de forma asumido, que representa la cantidad de flujo emitido por las respectivas superficies (piso y paredes en este caso) que probablemente llegue al cielorraso. En espacios amplios y con cielosrrasos relativamente bajos, los factores de forma entre el piso y el cielorraso se aproximan a 1. Consulte 10.4.2.1 Transferencia Radiativa para obtener más información.
	d. $L_{fotópica}$ del cielorraso con un 15% de luz indirecta $= 0.15 \times ((E_h \div \mathbf{0.8}) \div \pi)$	0.36 cd/m^2	El valor 0,8 es un factor de forma asumido. Consulte 10.4.2.1 Transferencia Radiativa para obtener más información.
	e. $L_{fotópica}$ total del cielorraso = $L_{fotópica}$ luz directa + $L_{fotópica}$ luz indirecta	0.72 cd/m^2	
	f. $L_{fotópica}$ del ambiente = Contribución promedio de $L_{fotópica}$ identificada en a, b, y arriba de e		El campo de visión binocular del observador se puede definir para alguna ubicación relativamente central en una plataforma de estacionamiento con el piso y el cielorraso subtendiendo alrededor de 2 estereorradián de ángulo sólido cada uno y las paredes subtendiendo 1 estereorradián de ángulo sólido para un total de 5 estereorradián.
	$L_{fotópica}$ del ambiente = ((2x$L_{fotópica}$ del piso)+(2x$L_{fotópica}$ del cielorraso)+(1x$L_{fotópica}$ de paredes))÷5	0.64 cd/m^2	Al promediar las luminancias fotópicas mediante ángulos sólidos (en estereorradianes) se obtiene el valor de luminancia fotópica que se utilizará en la Figura 4.27.
5	**Estado de Adaptación** Confirmar que la luminancia del entorno pone al observador en estado mesópico de adaptación (≤3 cd/m2).		Ver Tabla 2.1 | Estados de Adaptación de la Visión.
6	**Multiplicadores Mesópicos** Determine multipliers to adjust recommended photopic illuminance target values for mesopic adaptation.		Utilice el " $L_{fotópica}$ del valor ambiental" de 0,64 cd/m2 del Paso 4 para determinar los multiplicadores de la Figura 4.27.
	• 2000 K HPS illuminance criteria multiplier	1.07	Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas HPS de 2000 K con S/P de 0,60 para este ejemplo específico.
	• 3000 K CMH illuminance criteria multiplier	0.95 (13% mejor que 2000 K HPS)	Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas CMH de 3000 K con S/P de 1,38 para este ejemplo específico.
	• 4000 K CMH illuminance criteria multiplier	0.9 (19% mejor que 2000 K HPS)	Multiplicador para ajustar el valor objetivo de iluminancia fotópica recomendado para la adaptación mesópica para lámparas CMH de 4000 K con S/P de 1,81 para este ejemplo específico.
7	**Criterios de Iluminancia Mesópica Recomendados** Objetivo de iluminancia recomendado ajustado según la selección de lámpara.		
	2000 K HPS (multiplicar los objetivos de iluminancia fotópica por 1,07)	• $E_{h mesópica}$ = 6.4 lx promedio, mantenido • $E_{v mesópica}$ = 2.1 lx promedio, mantenido	Criterios de iluminancia mesópica recomendados si para este ejemplo específico se proponen lámparas HPS de 2000 K con S/P de 0,60.
	3000 K CMH (multiplicar los objetivos de iluminancia fotópica por 0,95)	• $E_{h mesópica}$ = 5.7 lx promedio, mantenido • $E_{v mesópica}$ = 1.9 lx promedio, mantenido	Criterios de iluminancia mesópica recomendados si se proponen lámparas CMH de 3000 K con S/P de 1,38 para este ejemplo específico.
	4000 K CMH (multiplicar los objetivos de iluminancia fotópica por 0,9)	• $E_{h mesópica}$ = 5.4 lx promedio, mantenido • $E_{v mesópica}$ = 1.8 lx promedio, mantenido	Criterios de iluminancia mesópica recomendados si se proponen lámparas CMH de 4000 K con S/P de 1,81 para este ejemplo específico.



FIGURA 26.8 | VESTÍBULOS DE CIRCULACIÓN

Muchas veces se utiliza el color para orientarse. En la imagen superior, las paredes están iluminadas eléctricamente para acentuarlas. Si el ascensor está abierto hacia el estacionamiento, las paredes iluminadas y coloridas serían visibles a cierta distancia. La luz del día se utiliza en la imagen inferior para resaltar el área de salida de peatones. Cuando la luz natural también es suficiente para iluminar las plazas de aparcamiento y los pasillos de entrada, se apaga la iluminación eléctrica.

» Imagen superior ©David Zaitz/Photonic/Getty » Imagen inferior ©CGIBackgrounds.com/Collection Mix:Subjects/Getty

26.2.5.2 CRITERIOS DE ACENTUACIÓN DE LA PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO

La acentuación se utiliza para guiar visualmente a los usuarios a áreas de actividad importantes y ayudará con las percepciones generales de brillo de los usuarios. Algunas áreas que normalmente merecen ser acentuadas incluyen marcadores codificados por colores en ascensores o escaleras, señalización y arte público. Se debe determinar la importancia de las áreas o puntos focales de acento. Generalmente, anote un plan destacando oportunidades o requisitos e indique jerarquías o prioridades visuales. La ubicación de ascensores y escaleras suele ser de gran interés para los usuarios. Estos podrían ser directamente visibles desde los pasillos de entrada y las plazas de estacionamiento de la

plataforma de estacionamiento. En la Figura 26.8 se muestran ejemplos de acentuación de superficies verticales de vestíbulos de ascensores y escaleras. La iluminación de las paredes perimetrales ayuda a definir los límites arquitectónicos, proporciona referencias de distancia para caminar y conducir y puede usarse como orientación. Vea las imágenes del medio y de abajo en la Figura 26.6 y vea la Figura 26.9. Como se indica en la Tabla 26.2, los criterios de acentuación se pueden derivar de la Tabla 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento.

26.2.6 ESTACIONAMIENTOS

Una estrategia similar a la de las terrazas de estacionamiento es apropiada para la iluminación de estacionamientos:

• Definir actividades y tareas

• Definir reflectancias de superficie

• Definir acentuación

• Establecer criterios de iluminancia horizontal, incluidas uniformidades

• Establecer criterios de iluminancia vertical, incluidas uniformidades

• Establecer criterios de acentuación

Es necesario definir las actividades y tareas dentro del estacionamiento para desarrollar un diseño de iluminación integral que aborde las necesidades de los usuarios.

Los controles contribuyen en gran medida al uso general de energía y ajustan la iluminancia a los niveles de actividad y los toques de queda. El funcionamiento automatizado del reloj astronómico, la fotocélula y el sensor de movimiento ayudarán a mantener un funcionamiento constante y eficiente. Se pueden utilizar fuentes de luz de encendido instantáneo y fácilmente atenuables con estas técnicas de control para aumentar la iluminancia según sea necesario durante períodos de baja actividad o después del toque de queda.

El proceso de seis pasos descrito en 26.2.5.1 también se aplica a los estacionamientos. Los multiplicadores mesópicos se aplican a situaciones de estacionamiento; sin embargo, a diferencia de las terrazas de estacionamiento, no existe luminancia en el cielorraso. Las luminancias de las “paredes” pueden consistir en los efectos de las paredes reales, las superficies de los edificios adyacentes y el paisajismo.

Las ordenanzas, códigos o guías sostenibles pueden dictar clasificaciones de retroiluminación, iluminación ascendente y deslumbramiento (BUG) de las luminarias. Este criterio debe tenerse en cuenta durante la selección de luminarias. Consulte 8.2.1.5 Sistema de Clasificación de Luminarias IES para luminarias de exterior y 8.2.1.6 Clasificación Ambiental de Exteriores. Las clasificaciones BUG identifican el alcance de la iluminación hacia arriba, si la hubiera, permitida para los equipos de iluminación utilizados en zonas específicas de iluminación exterior nocturna. Las figuras 26.10 y 26.11 ilustran el uso de luminarias ópticamente bien controladas.

Cuando los estacionamientos y las vías peatonales lindan, la iluminación del estacionamiento y la iluminación de las vías peatonales se puede lograr mediante un sistema único o sistemas múltiples. En la imagen superior de la Figura 26.11, las luces de los postes para peatones contribuyen a la iluminación de la vía peatonal y del área de estacionamiento en las inmediaciones, mientras que las luminarias tipo caja de zapatos (fuera del marco fotográfico) también contribuyen a la iluminación de la vía peatonal y del estacionamiento. En situaciones donde se anticipa o fomenta la actividad peatonal

nocturna en pasillos exclusivos durante las primeras horas de la noche, los postes de luz para peatones de menor escala ofrecen un enfoque a escala humana inalcanzable con la omnipresente e institucional caja de zapatos en un poste en todas partes. Consulte Vías peatonales y Vías ciclistas a continuación.

26.2.7 CENTROS COMERCIALES PEATONALES

Los criterios de iluminación para centros comerciales peatonales se describen en CENTROS EXTERIORES en la Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminación Minorista. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.8 ESCALERAS PARA PEATONES

Los criterios de iluminación para escaleras para peatones se describen en CENTROS, EXTERIORES en la Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminación Minorista. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

Acentuar paredes o elementos de nivelación, esculturas o paisajismo puede ser apropiado cuando las escaleras son parte de un área ceremonial, como una plaza o una vía peatonal cívica, cultural o corporativa de importancia y donde se anticipa actividad nocturna.

26.2.9 VÍAS PARA PEATONES Y VÍAS PARA BICICLETAS

Las vías para peatones y para bicicletas se consideran aplicaciones al aire libre. Para vías peatonales cubiertas o parcial o totalmente cerradas, el diseñador debe determinar si la iluminación del área está mejor diseñada para una condición exterior o interior. Aquí se abordan situaciones al aire libre. Las situaciones interiores se consideran corredores de circulación. Cuando se considere necesaria la iluminación para vías peatonales o para bicicletas, la iluminación dependerá de la proximidad al tránsito de vehículos, del nivel de actividad y de la zona de iluminación exterior nocturna. Una estrategia similar a la de las terrazas de estacionamiento es apropiada para la iluminación de los estacionamientos:

- Definir actividades y tareas
- Definir reflectancias de superficie
- Definir acentuación, si se considera necesario
- Establecer criterios de iluminancia horizontal, incluidas uniformidades
- Establecer criterios de iluminancia vertical, incluidas uniformidades
- Establecer criterios de acentuación, si se considera necesario acentuar

La adyacencia al tránsito vehicular generalmente garantiza mayores iluminancias horizontales y verticales en vías para peatones y ciclistas. Los niveles de actividad más altos generalmente justifican mayores iluminancias horizontales y verticales. Las zonas de iluminación LZ3 y LZ4 generalmente requieren iluminancias horizontales y verticales mayores. Acentuar paredes o elementos de nivelación, esculturas o paisajismo podría ser apropiado cuando un camino es parte de un área ceremonial, como un campus cívico, cultural o corporativo de importancia y donde se anticipa actividad nocturna. Vea el acento del árbol en la Figura 26.1. Un ejemplo de criterios se muestra en la Tabla 12.7 | Hoja de Trabajo de Ejemplo de Multiplicador Mesópico de Vía Peatonal. Las Figuras 26.12, 13, 14 y 15 ilustran varios enfoques para la iluminación de vías peatonales y ciclistas. Cuando se anticipa y fomenta la actividad peatonal y se desea un entorno más sociable, también

es importante prestar atención a otros factores además del control óptico y la eficiencia. El diseñador debe considerar, si no orquestar, la escala de las luminarias, la intensidad y distribución de la luz de las luminarias, el color de la luz, el estilo y los acabados de las luminarias, y los efectos de iluminación en y desde los edificios o jardines adyacentes.

Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.



FIGURA 26.9 | ILUMINACIÓN DE PAREDES PERIMETRALES

Las paredes perimetrales, cuando se hacen claramente visibles, pueden ayudar al usuario a juzgar la distancia e identificar la ubicación o posición dentro de la estructura del estacionamiento. Estos muros también pueden ayudar a guiar a los usuarios hacia las vías de circulación peatonal. Aquí, el color de la pared perimetral iluminada añade interés y ayuda aún más a definir la ubicación.

» Imagen ©Charlotte Steeples Photography/Flickr/Getty

26.2.10 PLAZAS

Los criterios de iluminación para plazas peatonales se describen en CENTROS, EXTERIORES/Plazas y Plazas Citadinas en la Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminación Minorista. Las clasificaciones BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.11 PISCINAS EXTERIORES

La iluminación para piscinas exteriores se analiza en 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA Y ENTRETENIMIENTO. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.12 EXTERIORES RESIDENCIALES

La iluminación para exteriores residenciales se analiza en 33 | ILUMINACIÓN PARA RESIDENCIAS. Los requisitos de blindaje de luminarias y los límites de lúmenes pueden ser obligatorios y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.13 COMERCIO MINORISTA, EXTERIORES

La iluminación para el comercio minorista al aire libre se analiza en 34 | ILUMINACIÓN PARA MINORISTAS. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.14 CARRETERAS

Establecer la justificación de la necesidad de iluminación de carreteras. Cuando se considere necesaria la iluminación de las carreteras, consulte la librería en www.ies.org para obtener actualizaciones sobre la iluminación de las carreteras con fecha de 2011 o posterior. Si no hay actualizaciones disponibles, entonces documente los criterios basados en IES RP-8-00 | Iluminación de Carreteras. Alternativamente, establezca criterios basados en la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados utilizando el proceso identificado en la Sección 26.2.5 Plataformas de estacionamiento. A discreción del diseñador, se pueden considerar apropiados ajustes para tener en cuenta los niveles de actividad, las zonas de iluminación exterior nocturna y la adaptación mesópica. No se deben realizar ajustes para la adaptación mesópica a las iluminancias o luminancias de las carreteras donde el límite de velocidad es superior a 25 mph. La determinación de la edad debe ser bien deliberada y basada en el uso previsto. Todos los ajustes deben documentarse y los criterios recomendados deben revisarse con el equipo y el cliente. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.15 ROTONDAS

Establecer la justificación de la necesidad de iluminación de rotondas. Cuando se considere necesaria la iluminación en las rotondas, consulte la librería en www.ies.org para obtener actualizaciones sobre la iluminación de las carreteras con fecha de 2011 o posterior. Si no hay actualizaciones disponibles, entonces documente los criterios basados en IES DG-19 | Guía de Diseño para Iluminación de Rotondas. Alternativamente, establezca criterios basados en la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados utilizando el proceso identificado en la Sección 26.2.5 Plataformas de Estacionamiento. A discreción del diseñador, se pueden considerar apropiados ajustes para tener en cuenta los niveles de actividad, las zonas de iluminación exterior nocturna y la adaptación mesópica. No se deben realizar ajustes para la adaptación mesópica a las iluminancias o luminancias de las carreteras donde el límite de velocidad es superior a 25 mph. La determinación de la edad debe ser bien deliberada y basada en el uso previsto. Todos los ajustes deben documentarse y los criterios recomendados deben revisarse con el equipo y el cliente. Las clasificaciones de BUG pueden ser obligatorias y deben abordarse durante el desarrollo de técnicas de diseño y la selección de luminarias.

26.2.16 TÚNELES

Consulte la librería en www.ies.org para obtener actualizaciones sobre iluminación de carreteras con fecha de 2011 o posterior. Si no hay actualizaciones disponibles, entonces documente los criterios basados en IES RP-22 | Práctica Recomendada por el IESNA para la iluminación de túneles. Alternativamente, establezca criterios basados en la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados utilizando el proceso identificado en la Sección 26.2.5 Plataformas de Estacionamiento. A discreción de los diseñadores, se pueden considerar apropiados ajustes para tener en cuenta los niveles de actividad, las zonas de iluminación exterior nocturna y la adaptación mesópica. No se deben realizar ajustes para la adaptación mesópica a las iluminancias o luminancias de túneles donde el límite de velocidad es superior a 25 mph. La determinación de la edad debe ser bien deliberado y basado en el uso previsto. Todos los ajustes deben

documentarse y los criterios recomendados deben revisarse con el equipo y el cliente. Aunque las clasificaciones BUG pueden ser obligatorias para el lugar, las aplicaciones en túneles estarán inherentemente bien controladas cuando se emplean equipos de bajo brillo y las iluminancias y luminancias se ajustan adecuadamente al nivel de actividad y a la zona de iluminación exterior nocturna.





FIGURA 26.10 | ESTACIONAMIENTOS
Para muchas situaciones de estacionamiento, en la parte superior de un estacionamiento y en carreteras donde se necesitan grandes áreas de iluminación contigua, se utilizan luminarias tipo caja de zapatos (llamadas así por su forma rectilínea poco profunda) o estilizadas en forma de caja de zapatos en postes que generalmente van desde las alturas comunes de 15' a 40'. Los mejores utilizan ópticas bien controladas para dirigir la luz hacia abajo y limitar la luz ascendente y el deslumbramiento. Se pueden utilizar ópticas y protectores laterales de la carcasa para limitar la dispersión de luz más allá del pavimento del estacionamiento. La óptica y las alturas y espaciamientos de los postes son responsables de cumplir con los criterios de iluminancia, incluidas las uniformidades horizontales y verticales. Siempre se deben emplear ópticas bien controladas para obtener mejores eficiencias y limitar la entrada de luz. Cuando las clasificaciones BUG son obligatorias, se emplea un control óptico aún más preciso y el uso de escudos. La disposición estratégica de las luminarias es aún más importante para limitar la dispersión de luz en los límites de la propiedad. Estas técnicas dan como resultado intencionadamente entornos de apariencia más oscura. La iluminación que no esté garantizada después del toque de queda debe apagarse o colocarse en un sensor de movimiento para que esté disponible cuando sea necesario. » Imagen superior ©Rod Morata/Stone/Getty » Imagen inferior ©Tony Gale/Photographer's Choice/Getty

26.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando están completamente implementados, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Cortocircuitar la selección de criterios o diseñar con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas del peor de los casos seguramente resultará en insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, un resultado probable es no aprovechar al máximo la energía gastada o, peor aún, desperdiciar energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios aspectos descritos en la Tabla 26.2.

26.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 26.2 y pueden justificar criterios de iluminancia diferentes. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de denominación para tipos de espacio o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones de arquitectura, paisaje o ingeniería civil, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica falla, revisar la lista en la Tabla 26.2 puede ser para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones de desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

26.3.2 NOTAS

Las notas pueden hacer referencia a otros títulos de aplicaciones y tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica algún grado de aclaración, se toman notas.

26.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea bajo consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o eléctrica en cualquier combinación de técnicas de iluminación funcional y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante diseño. Ver 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y ver 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.







FIGURA 26.11 ESTACIONAMIENTOS

Los estacionamientos en las imágenes superior izquierda e izquierda están iluminados parcial o totalmente con 3000 K, 82 CRI 100W/CMH/ED17 con luminarias tipo caja de zapatos que se muestra en la imagen de arriba. Las luminarias cercanas a los perímetros de los estacionamientos utilizan protectores laterales de la carcasa. Las lámparas revestidas se utilizan para suavizar las estrías, las sombras y el deslumbramiento. El cumplimiento de cualquier mandato BUG debe demostrarse mediante fotometría con lámpara revestida. Eh para el lote de actividad media en la imagen del medio es un promedio de 20 Ix, mantenido con relaciones de promedio a mínimo de 3:1 y de máximo a mínimo de 14:1.

» Imagen superior www.jmaconochie.com

» Imagen central ©Nelson Breech Nave, AIA, Arquitecto

» Imagen inferior ©GarySteffyLightingDesign Inc.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en el que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia según los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A efectos de sostenibilidad, ya no se puede presumir que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se aplaza o se practica mal o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede resultar inseguro y afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica, dará lugar a un uso excesivo de energía y a muchos problemas de situaciones exteriores, dará lugar a un mayor deslumbramiento, contaminación lumínica e invasión lumínica. No se recomienda iluminancias con trinquete. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70% o tal vez incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de Lúmenes.

Los objetivos son consensuados y recomendados para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Las conversiones de pie-candela de cualquier valor citado en la Tabla 26.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 Ix. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión generada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia generada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y cuya mecánica debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical para fachadas, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras aplicaciones o tareas en las proximidades o de cualquier iluminancia que resulte de alcanzar la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

En algunas situaciones, no se prevé ninguna luz en uno o ambos planos de una tarea. Un guión indica que no hay luz o que se recomienda cero luz para la tarea o aplicación, como fachadas después del toque de queda en configuraciones LZ1.





FIGURA 26.12 | ILUMINACIÓN DIRECTA EXTERIOR PARA VÍAS PEATONALES Cuando se considera necesaria la iluminación hasta altas horas de la noche, si no toda la noche, una óptica de luminaria bien controlada que dirija la luz sólo hacia abajo puede ser lo más apropiado u obligatorio. Si no se utiliza ni se permite ninguna otra iluminación como parte de la escena, entonces el efecto es austero y oscuro. En estas situaciones, el deseo de aumentar las iluminancias para superar este efecto es contraproducente ya que las iluminancias más altas del pavimento y, por lo tanto, las luminancias exacerban el contraste con los alrededores oscuros y contribuyen a una mayor contaminación lumínica. Las superficies de los edificios y los pavimentos de tonos más claros pueden ser útiles hasta cierto punto, pero también exacerban el contraste a menos que el diseñador ajuste los criterios de iluminancia a valores más bajos para tener en cuenta estas reflectancias superficiales más altas. » Imagen ©Michael Mohr/PhotoAlto/Corbis

FIGURA 26.13 | ILUMINACIÓN INDIRECTA EXTERIOR PARA VÍAS PEATONALES Cuando se fomenta la actividad peatonal mediante toques de queda, momento en el que la iluminación se puede apagar o reducir y donde se espera una mayor interacción social, una técnica indirecta puede ser apropiada. El estilo de la luminaria y el efecto de iluminación pueden contribuir a la experiencia del peatón y ayudar a definir el lugar. Incluso durante el día, cuando están apagadas, estas modernas luminarias decorativas contribuyen a la escena arquitectónica. Hay versiones de estas luminarias disponibles con discos reflectantes articulados dimensionalmente combinados con ópticas de iluminación ascendente bien controladas para evitar que la luz ascendente escape más allá del disco reflectante.

Véase también la Figura 15.10. » Imagen ©Christian Kober/Robert Harding World Imagery/Corbis





FIGURA 26.14 | ILUMINACIÓN ARQUITECTÓNICA EXTERIOR PARA VÍAS PEATONALES Aquí, iluminar hacia arriba una marquesina arquitectónica a la izquierda y hacia abajo la columnata arquitectónica a la derecha ilumina la vía peatonal. Las técnicas combinadas deben abordar colectivamente todos los criterios, incluidas las iluminancias y uniformidades horizontales y verticales y la intrusión lumínica y la contaminación lumínica. Un escenario durante el toque de queda podría apagar la iluminación ascendente de la izquierda, pero conservar la iluminación descendente de la derecha. Esto abordaría los criterios posteriores al toque de queda recomendados por los diseñadores y aceptados por los clientes cuando la iluminancia vertical es muy baja o inexistente. Alternativamente, el ancho del camino mismo se redefine para que sea una zona dentro de los 6' de la fachada del edificio a la derecha. Los peatones poco frecuentes podían optar por recorrer el camino iluminado. » Imagen ©Jon Hicks/Corbis

FIGURA 26.151 ILUMINACIÓN DECORATIVA Y ARQUITECTÓNICA DE EXTERIORES PARA VÍAS PEATONALES Las linternas decorativas tradicionales montadas en postes de luz pueden exhibir control óptico que, cuando se combinan con lámparas de potencia relativamente baja, ofrecen principalmente luz descendente con cierta cantidad de brillo general hacia afuera y hacia arriba destinado a Iluminar edificios y copas de árboles en las proximidades, como se desee en zonas comerciales con calles estrechas o zonas peatonales. Dependiendo del estilo de luminaria, el control óptico puede implicar el uso de refractores internos o reflectores de persianas que cubren las lámparas, lentes de linterna con diseños refractivos, reflectores superiores o alguna combinación de estos. Algunas variedades exhiben patrones de luz tan bien controlados que los efectos de iluminación resultantes pueden parecer inapropiados para aplicaciones peatonales cívicas, culturales o comerciales. Son apropiadas las maquetas, aunque sólo sea de una linterna en funcionamiento, o las visitas a sitios de instalaciones similares. » Imagen ©Bruno Ehrs/Corbis

26.3.3.1 PLANOS DE DESTINO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea aproximadamente en una orientación horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar en consecuencia el objetivo de iluminancia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea deba aplicarse a un plano diferente. Se espera que casi todas las tareas tengan tanto un componente de iluminancia horizontal (Eh) como un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En muchas aplicaciones peatonales exteriores, las iluminancias de los planos horizontal y vertical abordan la situación común en la que simultáneamente la visibilidad del pavimento de la pasarela está relacionada con la iluminancia horizontal, mientras que el reconocimiento facial está relacionado con la iluminancia vertical. Algunos objetivos de iluminancia, como la visibilidad del pavimento de la pasarela peatonal y el reconocimiento facial, están destinados a diferentes elevaciones planas y deben ser deliberados y establecidos por el diseñador. Para propósitos de criterio, la altura de la cara de pie se define por un plano vertical imaginario orientado perpendicular a la dirección principal de viaje y centrado a 5' sobre el nivel terminado (AFG). Los criterios de iluminancia se aplican a ambos lados de este plano en incrementos de espaciado consistentes a lo largo de la pasarela. Es necesario establecer y seguir las orientaciones de las tareas y abordar la iluminancia tanto horizontal como vertical. En situaciones de pasarela peatonal, son de interés al menos dos planos verticales, ambos perpendiculares a la dirección de desplazamiento principal del camino, uno opuesto al otro. Esta es una distinción importante para las capacidades de orientación y selección óptica de la luminaria y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

26.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. El diseñador debe coordinar con el equipo de diseño y el cliente para establecer el grupo de edad de los observadores previstos. Durante las deliberaciones, el diseñador y el cliente deben revisar los precedentes, así como las implicaciones de las propuestas de criterios tentativos sobre la infraestructura, el costo y el desempeño del usuario. Los aspectos de edades de los observadores y objetivos de iluminancia deben resolverse durante la programación con el cliente. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.

26.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Se muestran en la Tabla 26.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas de un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

26.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y que se supervisan de cerca los criterios de uniformidad. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento objetivo, se cita "Promedio". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es “Min” o “Max” respectivamente. El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas en un Área Grande. En cualquier caso, una vez establecidos los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada respecto de ellos. Una asignación de ingeniería estándar de ±10 % podría ser aceptable para objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben alcanzarse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de lo permitido por los promedios y cumplan con los mínimos y

máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de Resultados Calculados.

26.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todo lo cual debe abordarse como parte del diseño para evitar molestias, deslumbramientos y tensiones visuales. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una serie de puntos y el valor mínimo en la misma serie de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican a las iluminancias tanto horizontales como verticales en el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, especialmente en las relativas a las iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna. Generalmente, cuanto más importantes son la velocidad y la precisión y cuanto más exigente es la tarea visual, más ajustada es la proporción.

26.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

26.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación generalmente se atribuye a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de las condiciones promedio es notable y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

26.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación normalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

26.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben abarcar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz diurna. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada, suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y conmutación escalonada, atenuación escalonada o atenuación continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica cuando no sea necesaria durante las horas del día. Ver 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

26.3.6 REFLEJOS DE TIPO VELO

Las tareas con componentes especulares, que en entornos exteriores incluyen superficies de metal, piedra o vidrio brillantes como las que se pueden encontrar en fachadas, paredes u obras de arte y pavimento mojado, son propensas a reflejos especulares. Cuando tales reflexiones ocultan información importante de la tarea, se conocen como reflexiones de velo. Las luminarias múltiples, de óptica difusa y de baja potencia pueden minimizar los efectos de los reflejos velados, pero no eliminarlos. Son útiles los materiales de acabado difuso para paredes, pavimentos, fachadas y similares.

26.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones específicas del proyecto. Un área de cobertura es la “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea misma o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. En algunas situaciones, como al acentuar, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar la “pared característica” o el “perímetro”.

Otra área de cobertura es “habitación o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que represente la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada generalmente se establece mediante el diseño funcional, como el de una plataforma de estacionamiento, pero debe ser examinada minuciosamente por el equipo de diseño. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación de un proyecto en particular.

26.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para exteriores y debe usarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones en exteriores, se deben seleccionar lámparas y balastos, transformadores y controladores para ambiente, condiciones de temperatura, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Ver 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre esos respectivos aspectos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas sostenibles y de eficiencia energética son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores previstos para utilizar el proyecto

• usar lámparas de la más alta eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• usar luminarias de la más alta eficiencia que cumplan criterios estéticos y de luminancia

• usar acentos para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• documentar todos los códigos, energía, sustentabilidad e IES -cumplimiento de criterios

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y posterior disposición por parte del equipo, cliente o autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró en ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe realizarse con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. El presupuesto debe incluir aportes del diseñador y diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, efectivamente, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

LESH/10e RECURSOS ECONÓMICOS

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre la estimación de costos

• para obtener más información sobre los costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre los reembolsos y las tasas de rendimiento

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva Construcción

• para obtener más información sobre el diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y normas de iluminación dardos

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para más información sobre las regulaciones de equipos

IESH/10e ILUMINACIÓN EXTERIORES RECURSOS

> 12.5.5.6 Iluminaciones exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en condiciones de adaptación mesópica.

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre los criterios

RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD DE LESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre los controles

• para obtener más recursos sobre la tierra

• para más información sobre energía

• para obtener más información sobre los análisis del ciclo de vida

• para más información sobre el diseño de iluminación

• para más información sobre el reciclaje

26.5 REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. Ch 21, 22.

[2] Mark S. Rea, ed. 1993. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 8th edition. New York: IESNA. Chapter 24.

[3] [IESNA] Illuminating Engineering Society. 1999. RP-33-99 Lighting for Exterior Environments. New York. 47 p.

[4] DiLaura DL and others. 2011. A procedure for determining target illuminances. Leukos 7(3):145-158.

[5] Boyce PR. 2003. Human factors in lighting. 2ns Edition. London: Taylor & Francis. pp 425-427.

[6] Boyce P. 2003. Human factors in lighting. 2ns Edition. London: Taylor & Francis. pp 413.

[7] [IESNA] Illuminating Engineering Society. 2000. Light Trespass: Research, Results and Recommendations TM-11-00. New York. 9 p.


©Lea Suzuki San Francisco Chronicle Corbis

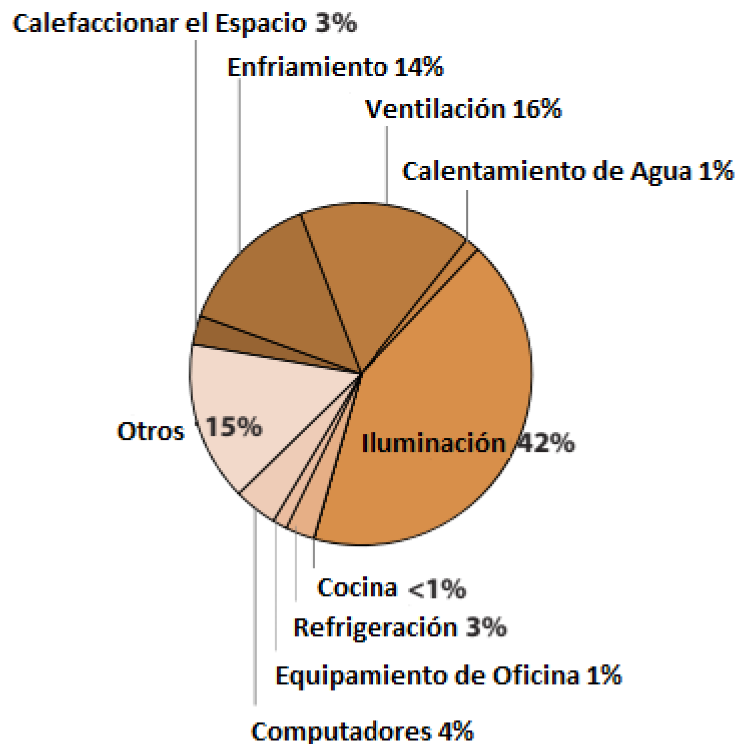
27 I ILUMINACIÓN PARA EL CUIDADO DE LA SALUD

La visión no basta, hay que combinarla con el riesgo. No basta con mirar las escaleras, hay que subir las escaleras.

Vaclav Havel, autor, disidente, dramaturgo y político checo

CONTENIDO

Como ocurre con muchas aplicaciones, la iluminación para instalaciones sanitarias consiste en equilibrar los aspectos estéticos con los aspectos analíticos. Sin duda, la vida misma o incluso el tratamiento del dolor merecen ser deslumbrados y resaltados desde la perspectiva del paciente consciente, siempre y cuando los cuidadores puedan realizar su magia con precisión y rapidez y repetirla según sea necesario. La aplicación de luz a veces tiene menos que ver con la comodidad del paciente y más con el desempeño del cuidador. Durante la recuperación o para diagnósticos y tratamientos, la iluminación colabora con la planificación interior y la arquitectura para establecer un telón de fondo confortable para la angustia y las molestias de las consultas, los procedimientos, la espera y la convalecencia. Este capítulo describe los criterios de iluminación para instalaciones de atención médica. La iluminación eléctrica representa aproximadamente el 42% de la electricidad utilizada en los centros de atención médica (ver Figura 27.1) [1]. La iluminación eficiente y su cuidadosa aplicación son de vital importancia. Lo que sigue es una discusión de los aspectos clave que afectan la iluminación: estado del proyecto; tipos de espacio; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia en instalaciones de atención médica.



Para esfuerzos de diseño completos, confíe en el material de referencia en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN DIURNA y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. El diseñador debe tener un conocimiento profundo de los principios de diseño descritos en esos capítulos, debe identificar aquellos que se consideren apropiados y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los aspectos específicos de la iluminancia relacionados con las instalaciones de atención médica que deberían influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (consulte 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo excluyendo el material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con IES sirven como fuentes de archivo y referencia [2] [3].

Se debe aplicar una reflexión deliberada al problema y la solución de la iluminación. Muchas veces las soluciones rutinarias se basan en la conveniencia de la aplicación, adquisición, instalación o costo sin tener en cuenta el propósito en cuestión: crear un entorno curativo para el paciente. Aventurarse más allá de estas soluciones rutinarias puede generar retornos notables sobre la inversión mínima que requiere la iluminación en relación con los costos generales del centro de atención médica. Por ejemplo, para la iluminación de una mesa de exploración de imágenes en una sala de exploración, los criterios de iluminación se basan en la necesidad de que los internos evalúen las condiciones de los pacientes. La iluminación arquitectónica para esta tarea de examen se puede lograr con una o dos luminarias empotradas en el cielorraso de 2'x4' sobre escaladas. Aunque este enfoque banal bien puede cumplir con las expectativas de limpieza, costo e integración en el cielorraso, no excusa una disposición de conmutación todo encendido/apagado o la selección óptica más barata, pero más deslumbrante. El diseño debe abordar las necesidades del paciente en cuanto a exámenes previos y posteriores con iluminancias reducidas y menos dureza durante el examen completo cuando se ve desde la posición supina en la mesa de examen. Salir de lo convencional puede contribuir, en parte, a tener pacientes y cuidadores más satisfechos, menos aversión, aunque sea mínima, a los exámenes realizados por los pacientes y, en última instancia, más ingresos. Detalles

específicos como estos no se enumeran para aplicaciones y tareas y sólo pueden ser obvios después de pensar detenidamente en el procedimiento médico. Esto podría ayudar a evitar el uso incorrecto de luminarias prismáticas básicas donde los contornos de las lámparas deslumbrantes son visibles desde abajo o de las llamadas lámparas de bajo deslumbramiento con luminarias de lamas donde las duras lámparas desnudas son visibles directamente desde abajo. La Tabla 27.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación de IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación interior y exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios de IES y reemplazarlos. Véase también 25 | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

27.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Es necesario comprender el tipo y alcance del proyecto antes de comenzar el trabajo de diseño. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen diferentes oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe considerar la luz natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la luz natural puede ser la fuente de luz principal. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz del día exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

27.2 TIPOS DE APLICACIONES

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y operación, se hace un inventario de los tipos de espacios de atención médica bajo consideración y los ocupantes, funciones y tareas anticipadas (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos). Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales). De lo contrario, la iluminación no podrá adaptarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas. Las definiciones del tipo de espacio se requieren en las primeras etapas del diseño del proyecto para poder realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de iluminación, potencia y energía. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, así como los números para el seguimiento, deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 27.2 | Las Recomendaciones de Iluminación de las Instalaciones de Atención médica deben revisarse con los conocimientos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos y funciones de espacio nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaraciones con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 27.2. A diferencia de la mayoría de las otras aplicaciones, en los centros de atención médica prevalecen procedimientos, tareas y aplicaciones altamente especializados. Estas instalaciones pueden ser clínicas comunitarias, consultorios médicos, enfermerías, centros de imágenes con fines de lucro y centros de traumatología de nivel 1, por nombrar algunos. Cada uno de estos tiene requisitos únicos de energía, iluminación y control. Más allá de los aspectos comentados en 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN, la iluminación debe coordinarse con los esfuerzos del ingeniero eléctrico para abordar las clasificaciones normales, de cuidados críticos y de seguridad humana.

Los procedimientos médicos y, en consecuencia, las tareas y aplicaciones, cambian con frecuencia y, en algunos casos, incluso quedan obsoletos. Muchos procedimientos compatibles con dispositivos analógicos y tareas visuales se han convertido recientemente o se están convirtiendo a dispositivos digitales y tareas visuales. Los requisitos de iluminación pueden ser dramáticamente diferentes. El diseñador debe revisar el programa para la instalación específica en cuestión y coordinar estrechamente el diseño con las tareas programadas y revisarlo frecuente y completamente con el equipo y el propietario. Los proyectos de atención de salud son complejos y costosos. La iluminación es un objetivo conveniente

Cuadro 27.1 | Lista de Verificación de Iluminación para el Cuidado de la Salud

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 27.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Medioambiente Externo Nocturno
Cuadro 15.6 | Estrategias operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medio Ambiente al Aire Libre
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 27.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 27.2
Este Capítulo: Cuadro 27.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

cuando surgen déficits presupuestarios. Los llamados esfuerzos de ingeniería de valor, que normalmente son sustituciones basadas en costos con equipos de iluminación que no cumplen con todos los criterios del proyecto, generalmente producirán entornos institucionales insípidos de iluminación deslumbrante, acentos sin abordar, control de un nivel y equipo de mala calidad. Se garantiza la vigilancia por parte del equipo de diseño y del propietario.

Varias pautas generales deben estar a la vanguardia durante todo el diseño. Estos son: calidad del color de la luz; gestión de gérmenes y polvo; controles de iluminación; coordinación de sistemas; materiales peligrosos; medicamentos; e interferencias con equipos médicos.

La calidad del color de la luz tiene un efecto directo sobre los tonos de la piel, lo que, a su vez, afecta las evaluaciones que los médicos hacen de las condiciones de los pacientes y afecta la autoestima de los pacientes. Todas las lámparas deben exhibir CRI >82. En situaciones de cuidados intensivos, también son apropiadas las lámparas con CCT de 5000 K.

El manejo de gérmenes y polvo es un esfuerzo continuo en cualquier centro de atención médica. Los acabados de las luminarias, las lentes y las cubiertas antipolvo pueden ayudar. Hay acabados antimicrobianos disponibles en muchos componentes pintados. La mayoría de las luminarias, incluso si están fabricadas sin lentes, están disponibles con cubiertas antipolvo. La programación debe identificar estos y otros requisitos especiales, como los procedimientos de lavado posteriores, que influyen en las clasificaciones UL e IP de las luminarias.

Con la excepción de los cuartos de almacenamiento y los armarios, la mayoría de los espacios en los centros de atención médica están bien atendidos por controles de múltiples niveles. En algunos casos, esto ayuda a transmitir interés en el bienestar del paciente, ya que los cuidadores alternan o atenúan la iluminación según la necesidad funcional o la comodidad visual. Como mínimo, se debe emplear la conmutación multinivel en los espacios clínicos de los pacientes. Durante la programación se debe establecer el acceso a los controles de iluminación y dónde deben ubicarse. Los controles para la iluminación de cortesía del paciente están fácilmente disponibles para el paciente. De lo contrario, los controles son más convenientes para el personal. En algunas situaciones, como las de salud mental y las áreas seguras para pacientes, los controles se limitan deliberadamente al acceso del personal.

Los requisitos que se plantean a todos los sistemas constructivos de las instalaciones sanitarias son extremadamente elevados. A diferencia de muchas otras aplicaciones donde la distribución de la iluminación puede influir en los conductos o incluso en la distribución estructural, el diseño de atención sanitaria es mucho menos tolerante a dicha influencia. Además, los sistemas que no se encuentran en otros tipos de edificios pueden afectar la distribución de la iluminación y la selección de equipos. Por ejemplo, en las habitaciones de pacientes donde se emplean sistemas de ascensor para ayudar a los cuidadores a trasladar a los pacientes hacia y desde las camas, la iluminación está subordinada al mecanismo y al carril del ascensor. La programación y coordinación avanzadas son una necesidad.

Los materiales peligrosos e inflamables se encuentran en diversos métodos de diagnóstico y tratamiento de atención médica. Cuando este material se almacena, manipula y se pone en cola para su eliminación, la iluminación debe adaptarse a la función y, si es necesario, abordar requisitos de seguridad de equipos más estrictos. El equipo de diseño debe investigar y establecer qué áreas involucran tales peligros y abordar los códigos y estándares relevantes.

Los medicamentos son un componente clave de los tratamientos. Dondequiera que se almacenen, procesen y dispensen medicamentos, la iluminación debe abordar las tareas de lectura, codificación y dosificación.

Revise la programación para cualquier requisito eléctrico o mecánico especial del equipo de iluminación para evitar interferencias no deseadas o incluso catastróficas con el equipo médico. En los quirófanos, los equipos de iluminación deben cumplir requisitos rígidos de interferencia electromagnética (EMI). La EMI potencialmente altera la electrónica de los equipos de diagnóstico y procedimiento. Determine qué tratamientos y procedimientos son sensibles a EMI durante

la programación. En el momento de escribir este artículo, especificar luminarias certificadas según MIL-STD-461F es un método para limitar los efectos de la EMI [4].

En algunos espacios de diagnóstico y tratamiento donde hay radiación, los equipos de iluminación deben estar fabricados de materiales no ferrosos y funcionar con corriente continua blindada. La llegada de LED y controladores remotos de 12 V y 24 V ha mejorado la longevidad, la eficiencia y las selecciones ópticas. También se deben seguir requisitos de cableado especiales. Las tecnologías médicas avanzan rápidamente y los efectos de iluminación y los parámetros de los equipos necesarios cambian continuamente. El diseñador debe mantenerse familiarizado con el programa del proyecto más actualizado y consultar con el equipo de diseño, los consultores de equipos médicos y los proveedores de equipos de iluminación para determinar si se requieren equipos de iluminación con materiales no ferrosos.

Cuadro 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones de Atención Médica

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para materiales dignos de conservación.								ver Tabla 15.2		
• Característica de Pared	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
• Punto Focal Importante	En el plano del punto focal			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
ÁREAS DE ACTIVIDAD											
• Artes, manualidades y coleccionismo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Circulación/General	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio≥0,2 veces la tarea Eh de actividad o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo≥10 lx					Promedio≥0,2 veces el EV de actividad de la tarea o según lo requieran las cámaras				
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Prom.
• Comida	Consulte 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/SERVICIO DE ALIMENTOS/Áreas de comedor										
• Juegos	Destinado a actividades informales o espontáneas entre desconocidos. Para actividades deportivas arbitradas sancionadas, consulte 35 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN.										
• Juegos analógicos											
· Billar	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Juegos de mesa y cartas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Juegos de mesa competitivos	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Pinball	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Juego de tejo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Juegos digitales	E_h @piso; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Deportes	Destinado a actividades informales o espontáneas entre personas que no están familiarizadas con las instalaciones INTERIORES. Para actividades deportivas arbitradas sancionadas, consulte 35 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN.									'd	
• Práctica individual	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Juego en grupo	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CUIDADO AMBULATORIO											
• Cirugía ambulatoria	Ver SUITES QUIRÚRGICOS/Quirófanos										
• Consulta	Ver CONSULTA										
• Entrada de emergencia	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.										
• Vestíbulo											
· Día	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Noche	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Puerta Cochera	Aplicación EXTERIOR. La iluminación debe dirigirse al área prevista de descarga de ambulancias hasta la puerta. E_h @3' AFG; E_v @4' AFG.										
· LZ4i		O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)		N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)		M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [i]	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Vestíbulo											
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Cuadro 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Centros de Atención Médica **continúan en la página siguiente**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	4:1					
	3:1					
	4:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.

Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.

l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.

n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.

o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.

p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.

q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.

r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.

s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Cuadro 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones de Atención Médica

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ACENTUACIÓN	**El acento influye en las percepciones generales de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Consulte 15.1.1.3 Iluminación decorativa. Estos son criterios a considerar en cualquier solicitud.**													
• Arte	**En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Ver 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para materiales dignos de conservación.**								**ver Tabla 15.2**				ver 15.1.1.3	
• Característica de Pared	**En el plano de la pared**								**ver Tabla 15.2**				ver 15.1.1.3	
• Punto Focal Importante	**En el plano del punto focal**			**ver Tabla 15.2**					**ver Tabla 15.2**				ver 15.1.1.3	
• Perímetro	**En el plano de la pared**								**ver Tabla 15.2**				ver 15.1.1.3	
ÁREAS DE ACTIVIDAD														
• Artes, manualidades y coleccionismo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1	
• Circulación/General	E_h @piso; E_v @5' AFF	Promedio≥0,2 veces la tarea Eh de actividad o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo≥10 lx					Promedio≥0,2 veces el EV de actividad de la tarea o según lo requieran las cámaras						3:1	
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF		100	100	100	Min	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Comida	Consulte 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/SERVICIO DE ALIMENTOS/Áreas de comedor													
• Juegos	Destinado a actividades informales o espontáneas entre desconocidos. Para actividades deportivas arbitradas sancionadas, consulte 35 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN.													
• Juegos analógicos														
· Billar	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
· Juegos de mesa y cartas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
· Juegos de mesa competitivos	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
· Pinball	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1	
· Juego de tejo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Juegos digitales	E_h @piso; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1	
• Deportes	Destinado a actividades informales o espontáneas entre personas que no están familiarizadas con las instalaciones INTERIORES. Para actividades deportivas arbitradas sancionadas, consulte 35 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN. d													
• Práctica individual	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
• Juego en grupo	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1	
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
CUIDADO AMBULATORIO														
• Cirugía ambulatoria	Ver SUITES QUIRÚRGICOS/Quirófanos													
• Consulta	Ver CONSULTA													
• Entrada de emergencia	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, la iluminación localizada puede considerarse apropiada.													
• Vestíbulo														
· Día	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1	
· Noche	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
• Puerta Cochera	Aplicación EXTERIOR. La iluminación debe dirigirse al área prevista de descarga de ambulancias hasta la puerta. E_h @3' AFG; E_v @4' AFG.													
· LZ4i		O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)		N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)		M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1	
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [i]	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1	
• Vestíbulo														
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	

Cuadro 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Centros de Atención Médica **continúan en la página siguiente**

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminacia para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ATENCIÓN AMBULATORIA	(continuación)										
• Examinación y Tratamiento											
• Estación de Gráficos	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de Examen [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General [l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Unidad de Soporte Vital											
• General [m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sobre la Cama [m, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Exámen Multipropósito	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										
• Observación y Tratamiento											
• General [l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cabecera de la Cama (uso del paciente) [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sobre la Cama [k, m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Evaluación											
• Proctoscopia	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										
• Sigmoidoscopia	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										
• Examen de Seguridad [m, o]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
ANESTESIA											
• Anestesiología	Preparación y recuperación del paciente										
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Camas para Pacientes [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Almacenamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Sala de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
ATRIOS Y PATIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AUDIOMETRÍA	Consulte OÍDO, NARIZ Y GARGANTA										
AUDITORIA	Consulte 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN										
AUTOPSIA	Consulte MORGUE										
ENTRADA DE EDIFICIOS	Consulte ATENCIÓN AMBULATORIA/Entrada de Emergencia / Puerta Cochera; consulte también 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CAPILLA/MEDITACIÓN	Consulte 37 | ILUMINACIÓN PARA CULTO										
CIRCULACIÓN	Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación										
AULAS	Consulte 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN										

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.

Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.

b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.

l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.

n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.

o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.

p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.

q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.

r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.

s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.

t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminacia para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ATENCIÓN AMBULATORIA	(continuación)													
• Examinación y Tratamiento														
• Estación de Gráficos	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6	
• Mesa de Examen [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver Tabla 12.6	
• General [i]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1	
• Unidad de Soporte Vital														
• General [m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Sobre la Cama [m, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver Tabla 12.6	
• Exámen Multipropósito	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento													
• Observación y Tratamiento														
• General [i]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1	
• Cabecera de la Cama (uso del paciente) [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver Tabla 12.6	
• Sobre la Cama [k, m]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver Tabla 12.6	
• Evaluación														
• Proctoscopia	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento													
• Sigmoidoscopia	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento													
• Examen de Seguridad [m, o]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1	
ANESTESIA														
• Anestesiología	Preparación y recuperación del paciente													
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Camas para Pacientes [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1	
• Almacenamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Sala de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
ATRIOS Y PATIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
AUDIOMETRÍA	Consulte OÍDO, NARIZ Y GARGANTA													
AUDITORIA	Consulte 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN													
AUTOPSIA	Consulte MORGUE													
ENTRADA DE EDIFICIOS	Consulte ATENCIÓN AMBULATORIA/Entrada de Emergencia / Puerta Cochera; consulte también 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
CAPILLA/MEDITACIÓN	Consulte 37 | ILUMINACIÓN PARA CULTO													
CIRCULACIÓN	Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación													
AULAS	Consulte 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN													

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminacia para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CONSULTA	(continuación)										
• Conversacional	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Completar formularios, lectura Instructiva, Revisión de Medicamentos y Registros	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Observar/Enseñar [n]	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
CONFERENCIA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CORREDORES	Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los criterios de iluminancia para los corredores de circulación públicos y de la parte trasera del edificio. A medida que el arquitecto coordine las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada la iluminación localizada.										
• Suite dental	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Laboratorios	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sin Enfermería	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación										
• Enfermería											
• Pacientes Hospitalizados											
• Circulación General											
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Estación de Trabajo	Ver ESTACIONES DE ENFERMERAS/Pacientes Internados										
• Cuidados Intensivos											
• Circulación General											
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Estación de Trabajo	Ver ESTACIONES DE ENFERMERAS/Cuidados Intensivos										
• Cirugía Pre y Postoperatoria											
• Circulación General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Puesto de Trabajo	Ver ESTACIÓN DE ENFERMERAS S/Cirugía Pre y Postoperatoria										
• Cuartos	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
HABITACIÓN DENTAL											
• Consulta/Entrevista	Ver CONSULTA										
• Examen, Higiene y Tratamiento [m]	E_h y E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Cirugía Oral [k, m]											
• Silla	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	W	1500	3000	6000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• **General**	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Campo Quirúrgico o Quirúrgico	Esta es el área del lugar de la cirugía y sus alrededores. Dependiendo de los procedimientos médicos y el equipo involucrado, los criterios de iluminación en el lugar de la cirugía pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx para los métodos de visión directa y, por lo general, se proporcionan mediante luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza iluminación general arquitectónica atenuada o iluminación de pared de fondo. Consulte a los proveedores del equipo médico involucrado o a los consultores de equipos médicos; inspeccione las instalaciones de cirugía oral de última generación.										
• Preparaciones, Esterilización	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Odontología Preventiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1/3:1		■			■
	2:1/3:1					■
	2:1/3:1		■			■
	2:1/3:1					■
	2:1/3:1		■			■
	2:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	4:1		■			■
	4:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminacia para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CONSULTA	(continuación)																	
• Conversacional	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Completar formularios, lectura Instructiva, Revisión de Medicamentos y Registros	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Observar/Enseñar*	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
CONFERENCIA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
CORREDORES	Consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los criterios de iluminancia para los corredores de circulación públicos y de la parte trasera del edificio. A medida que el arquitecto coordine las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada la iluminación localizada.																	
• Suite dental	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Laboratorios	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Sin Enfermería	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación																	
• Enfermería																		
• Pacientes Hospitalizados																		
• Circulación General																		
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1/3:1		■			■
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1/3:1					■
• Estación de Trabajo	Ver ESTACIONES DE ENFERMERAS/Pacientes Internados																	
• Cuidados Intensivos																		
• Circulación General																		
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1/3:1		■			■
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1/3:1					■
• Estación de Trabajo	Ver ESTACIONES DE ENFERMERAS/Cuidados Intensivos																	
• Cirugía Pre y Postoperatoria																		
• Circulación General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1/3:1		■			■
• Puesto de Trabajo	Ver ESTACIÓN DE ENFERMERAS S/Cirugía Pre y Postoperatoria																	
• Cuartos	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1		■			■
HABITACIÓN DENTAL																		
• Consulta/Entrevista	Ver CONSULTA																	
• Examen, Higiene y Tratamiento[m]	E_h y E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Cirugía Oral[k, m]																		
• Silla	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	W	1500	3000	6000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		2:1		■		■	
• Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1		■			■
• **General**	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1		■			■
• Campo Quirúrgico o Quirúrgico	Esta es el área del lugar de la cirugía y sus alrededores. Dependiendo de los procedimientos médicos y el equipo involucrado, los criterios de iluminación en el lugar de la cirugía pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx para los métodos de visión directa y, por lo general, se proporcionan mediante luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza iluminación general arquitectónica atenuada o iluminación de pared de fondo. Consulte a los proveedores del equipo médico involucrado o a los consultores de equipos médicos; inspeccione las instalaciones de cirugía oral de última generación.																	
• Preparaciones, Esterilización	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Odontología Preventiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SUITE DENTAL	(continuación)										
• Laboratorio de prótesis[m]											
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	U	750	1500	3000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Impresiones	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Recuperación[m]											
• Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, silla	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Descanso	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, sala	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Investigación	Ver SUITE DENTAL/Laboratorio de Prótesis										
• Carro de Procesamiento y Distribución de Material Estéril (SPD) Sucio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de suministros	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO	Suites de Procedimientos Clínicos										
• Colonoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia										
• Culdoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia										
• Cistoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia										
• Endoscopia											
• Sala de procedimientos											
• General[m, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Procedimiento	Esta es el área del lugar del procedimiento y sus alrededores. Es posible que los criterios de iluminancia deban ser muy superiores a 10.000 lx para los métodos de visión directa y, por lo general, se proporcionan mediante luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza una iluminación general atenuada de la sala o una iluminación de fondo de pared. Consulte a los proveedores del equipo médico involucrado o a los consultores de equipos médicos; inspeccione las instalaciones de procedimientos de última generación.										
• Descontaminación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Electrocardiografía (ECG)	También conocida como EKG										
• General (uso de iluminación indirecta)	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Máquina	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Electroencefalografía (EEG)											
• Examen	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Instrumento y Sala de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Lectura del Médico											
• Monitor Electrónico	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Papel	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Electromiografía (EMG)[m]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Laparoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia										
• Peritoneoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia										
• Prueba de Función Pulmonar											
• Examen	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura 1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SUITE DENTAL	(continuación)																	
• Laboratorio de prótesis[m]																		
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	U	750	1500	3000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1		■			■
• Impresiones	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		2:1		■		■	
• Recuperación[m]																		
• Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, silla	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■		■	
• Descanso	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, sala	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Investigación	Ver SUITE DENTAL/Laboratorio de Prótesis																	
• Carro de Procesamiento y Distribución de Material Estéril (SPD) Sucio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Sala de suministros	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO	Suites de Procedimientos Clínicos																	
• Colonoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia																	
• Culdoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia																	
• Cistoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia																	
• Endoscopia																		
• Sala de procedimientos																		
• General[m, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Procedimiento	Esta es el área del lugar del procedimiento y sus alrededores. Es posible que los criterios de iluminancia deban ser muy superiores a 10.000 lx para los métodos de visión directa y, por lo general, se proporcionan mediante luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza una iluminación general atenuada de la sala o una iluminación de fondo de pared. Consulte a los proveedores del equipo médico involucrado o a los consultores de equipos médicos; inspeccione las instalaciones de procedimientos de última generación.																	
• Descontaminación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Sala de trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Electrocardiografía (ECG)	También conocida como EKG																	
• General (uso de iluminación indirecta)	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Máquina	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Electroencefalografía (EEG)																		
• Examen	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Instrumento y Sala de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Lectura del Médico																		
• Monitor Electrónico	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■	■	■	
• Papel	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■	■	■	
• Electromiografía (EMG)[m]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Laparoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia																	
• Peritoneoscopia	Ver PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Endoscopia																	
• Prueba de Función Pulmonar																		
• Examen	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■		■	
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTROS DE DIÁLISIS											
• Preparación de Dializado	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Sala de Servicio de Equipos											
• Limpieza y Suciedad	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Tratamiento Final del Agua	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de Tratamiento											
• Cama o Silla [p]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Inserción de Agujas [p]	E_h y E_v @brazo del paciente	T	500	1000	2000	Prom.					
OÍDO,NARIZ, Y GARGANTA	Clínica de Otorrinolaringología										
• Pruebas de Audiometría	Las pruebas de audiometría se realizan normalmente en un conjunto de salas prefabricadas o listas para usar con iluminación integrada, cuyos criterios y ejecución son implementados por el proveedor. De lo contrario, a continuación se citan los criterios recomendados.										
• Cabina o Sala de Control [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Cabina o Sala de Pruebas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Consulta	Ver CONSULTA										
• Examen y Tratamiento	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera										
• Terapia de Patología del Habla	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de Trabajo											
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Preparaciones, Esterilización	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO											
• Sala de Corte											
• Corte	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Preparación [m]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de Osciloscopio [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
DEPARTAMENTO DE EMERGENCIA	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA										
EXAMEN	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										
CLÍNICA OCULAR											
• Examen y Tratamiento	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Pruebas de Refracción	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Cirugía	Ver SALAS DE OPERACIÓN/Quirófanos										
• Pruebas de Adaptación a la Oscuridad y del Campo Visual [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura [h]: Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTROS DE DIÁLISIS																		
• Preparación de Dializado	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Servicio de Equipos																		
• Limpieza y Suciedad	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Almacenamiento	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Tratamiento Final del Agua	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Tratamiento																		
• Cama o Silla [p]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■		■	
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Inserción de Agujas [p]	E_h y E_v @brazo del paciente	T	500	1000	2000	Prom.							3:1		■		■	
OÍDO,NARIZ, Y GARGANTA	Clínica de Otorrinolaringología																	
• Pruebas de Audiometría	Las pruebas de audiometría se realizan normalmente en un conjunto de salas prefabricadas o listas para usar con iluminación integrada, cuyos criterios y ejecución son implementados por el proveedor. De lo contrario, a continuación se citan los criterios recomendados.																	
• Cabina o Sala de Control [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
• Cabina o Sala de Pruebas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Consulta	Ver CONSULTA																	
• Examen y Tratamiento	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento																	
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera																	
• Terapia de Patología del Habla	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Trabajo																		
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Preparaciones, Esterilización	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■		■	
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO																		
• Sala de Corte																		
• Corte	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Preparación [m]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■			■
• Sala de Osciloscopio [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
DEPARTAMENTO DE EMERGENCIA	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA																	
EXAMEN	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento																	
CLÍNICA OCULAR																		
• Examen y Tratamiento	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Pruebas de Refracción	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Cirugía	Ver SALAS DE OPERACIÓN/Quirófanos																	
• Pruebas de Adaptación a la Oscuridad y del Campo Visual [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TIENDA DE REGALOS	Consulte 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA AL POR MENOR										
TI	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CUIDADOS INTENSIVOS											
• Centro de Control de Enfermería	Consulte ESTACIONES DE ENFERMERÍA/Cuidados Intensivos										
• Habitaciones de Pacientes	Consulte SERVICIOS PARA PACIENTES/Habitaciones de Pacientes										
• Unidad de Soporte Vital	Consulte CUIDADOS AMBULATORIOS/Unidad de Soporte Vital										
LABORATORIOS	Los siguientes son criterios predeterminados en los que no se identifican laboratorios como parte de otras aplicaciones de atención médica.										
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• **General**	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
LAVANDERÍA											
• Área de Lavado de Carros	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Suministro Central de Líquidos	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Área de Ensamblaje y Rejilla de Flujo de Ropa Limpia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Procesamiento de Ropa Limpia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área de Distribución (Almacenamiento de Carros, Despacho y Muelle)	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Recolección de Ropa	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Preparación de Paquetes de Ropa	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Reparación de Ropa	E_h and E_v @2' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Almacenamiento de Ropa	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Producción y Soporte	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Recepción	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Clasificación y Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cambio de Uniformes (Automatizado)	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
BIBLIOTECA	Ver 29 | ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS										
ROPA											
• Armario	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Sala de Ropa Blanca y Carrito de Procesamiento y Distribución de Ropa Limpia y Estéril (SPD)	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Servicio de Ropa Blanca	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Costurera	Ver LAVANDERÍA/Reparación de Ropa Blanca										
• Recogida de Ropa Sucia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Recogida de Ropa Sucia y Clasificación Central	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Retención de Ropa Sucia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	4:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.

Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TIENDA DE REGALOS	Consulte 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA AL POR MENOR															
TI	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
CUIDADOS INTENSIVOS																
• Centro de Control de Enfermería	Consulte ESTACIONES DE ENFERMERÍA/Cuidados Intensivos															
• Habitaciones de Pacientes	Consulte SERVICIOS PARA PACIENTES/Habitaciones de Pacientes															
• Unidad de Soporte Vital	Consulte CUIDADOS AMBULATORIOS/Unidad de Soporte Vital															
LABORATORIOS	Los siguientes son criterios predeterminados en los que no se identifican laboratorios como parte de otras aplicaciones de atención médica.															
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■	
• **General**	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1			■
LAVANDERÍA																
• Área de Lavado de Carros	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Suministro Central de Líquidos	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			■
• Área de Ensamblaje y Rejilla de Flujo de Ropa Limpia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1			■
• Procesamiento de Ropa Limpia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Área de Distribución(Almacenamiento de Carros, Despacho y Muelle)	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1			■
• Recolección de Ropa	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1			■
• Preparación de Paquetes de Ropa	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Reparación de Ropa	E_h and E_v @2' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■	
• Almacenamiento de Ropa	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			■
• Producción y Soporte	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Recepción	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Clasificación y Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Cambio de Uniformes(Automatizado)	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			■
BIBLIOTECA	Ver 29 | ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS															
ROPA																
• Armario	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			■
• Sala de Ropa Blanca y Carrito de Procesamiento y Distribución de Ropa Limpia y Estéril (SPD)	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Servicio de Ropa Blanca	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Costurera	Ver LAVANDERÍA/Reparación de Ropa Blanca															
• Recogida de Ropa Sucia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Recogida de Ropa Sucia y Clasificación Central	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Retención de Ropa Sucia	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			■

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MEDICACIÓN [l]											
• Consulta de Medicación	Ver CONSULTA										
• Preparación de Medicación	Ver FARMACIA/Preparación de Medicamentos										
• Estaciones de Medicación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Almacenamiento de Medicación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
MORGUE											
• Salas de Autopsias [k, m]	Autopsia clínica y forense										
• Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Inspección	Se produce cuando es necesario para evaluar o extraer tejido, órganos, huesos o fluidos. Es posible que la iluminación de inspección deba ser muy superior a 10.000 lx para los métodos de visión directa y, por lo general, se proporciona con luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza una iluminación general arquitectónica atenuada o una iluminación de pared de fondo. Consulte a los proveedores de luminarias quirúrgicas o a los asesores de equipos médicos; inspeccione las morgues de última generación.										
• Mesa	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	W	1500	3000	6000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Aislamiento/Enseñanza de Autopsia	Ver MORGUE/Salas de Autopsias										
• Refrigerador de la Morgue	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
MEDICINA NUCLEAR											
• Sala de Conferencias y de Observación Común	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Calibración de Equipos											
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Almacenamiento y Preparación de Isótopos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Radiofarmacia	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Salas de Escaneo											
• Preparación [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Procedimiento [l, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Refrigerador de Acceso Rápido	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
ESTACIONES DE ENFERMERAS	Estos también pueden conocerse como centros de comunicación, centros de control, estaciones de control y estaciones de trabajo.										
• Pacientes Hospitalizados											
• Circulación General	Ver PASILLOS/Enfermería/Pacientes Hospitalizados										
• Estación de Trabajo											
• General											
• Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Superficie de Trabajo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Cuidados Intensivos											
• Circulación General	Ver PASILLOS/Enfermería/Cuidados Intensivos										
• Estación de Trabajo											
• Dia	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
. Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	4:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MEDICACIÓN l																		
• Consulta de Medicación	Ver CONSULTA																	
• Preparación de Medicación	Ver FARMACIA/Preparación de Medicamentos																	
• Estaciones de Medicación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
• Almacenamiento de Medicación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
MORGUE																		
• Salas de Autopsias [k, m]	Autopsia clínica y forense																	
• Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1		■			■
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1		■			■
• Inspección	Se produce cuando es necesario para evaluar o extraer tejido, órganos, huesos o fluidos. Es posible que la iluminación de inspección deba ser muy superior a 10.000 lx para los métodos de visión directa y, por lo general, se proporciona con luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza una iluminación general arquitectónica atenuada o una iluminación de pared de fondo. Consulte a los proveedores de luminarias quirúrgicas o a los asesores de equipos médicos; inspeccione las morgues de última generación.																	
• Mesa	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	W	1500	3000	6000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		2:1		■		■	
• Aislamiento/Enseñanza de Autopsia	Ver MORGUE/Salas de Autopsias																	
• Refrigerador de la Morgue	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		■			■
MEDICINA NUCLEAR																		
• Sala de Conferencias y de Observación Común	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Calibración de Equipos																		
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Almacenamiento y Preparación de Isótopos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Radiofarmacia	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Salas de Escaneo																		
• Preparación [k, l]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Procedimiento [l, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Refrigerador de Acceso Rápido	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
ESTACIONES DE ENFERMERAS	Estos también pueden conocerse como centros de comunicación, centros de control, estaciones de control y estaciones de trabajo.																	
• Pacientes Hospitalizados																		
• Circulación General	Ver PASILLOS/Enfermería/Pacientes Hospitalizados																	
• Estación de Trabajo																		
• General																		
• Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1					■
• Superficie de Trabajo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		ver Cuadro 12.6		■		■	
• Cuidados Intensivos																		
• Circulación General	Ver PASILLOS/Enfermería/Cuidados Intensivos																	
• Estación de Trabajo																		
• Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		ver Cuadro 12.6		■		■	
• Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Cuadro 12.6				■	

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESTACIONES DE ENFERMERAS	(continuación)										
• Cirugía Pre y Posoperatoria											
• Circulación General	Ver PASILLOS/Cirugía Pre y Postoperatoria										
• Estación de Trabajo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
OBSTETRICIA											
• Salas de Partos [l, p]											
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)	consulte la Tabla 15.2									
• Baño	Ver BAÑOS/VESTUARIOS (sala de casilleros)										
• Cama											
· Área de Partos	Esta es la zona del abdomen inferior y la que la rodea inmediatamente. Los criterios de iluminación para el parto en el abdomen inferior pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx y, en este entorno más parecido a un hospital, normalmente se proporcionan mediante luminarias más discretas montadas en elcielorraso o sobre él, o mediante luminarias portátiles. Consulte a asesores de equipos médicos; investigue las instalaciones de parto de última generación.										
· Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Lectura	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición sentada. Eh y E_v @3' AFF.	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Ver Televisión	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición sentada. Eh @3' AFF.	K	25	50	100	Prom.					
• Armario	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Silla Informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Luz de Noche [q]	En el sensor de movimiento. Eh @ piso.	A	0.5	1	2	Prom.					
• Observación Nocturna	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	I	15	30	60	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Rincón de Servicio											
· Almacenamiento	E_v Sobre la cara de la estantería de almacenamiento						K	25	50	100	Prom.
· Mostrador de Trabajo	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.					
• Área de Partos [l]											
• Cama											
· Salas de Partos	Esta es la zona del abdomen inferior y la que lo rodea inmediatamente. Los criterios de iluminación para el parto en el abdomen inferior pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx y, por lo general, se proporcionan mediante luminarias articuladas de tipo quirúrgico. Consulte con asesores de equipos médicos; inspeccione las instalaciones de última generación de la sala de partos.										
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Área de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Salas de Parto											
• Cama	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Salas de Recién Nacidos											
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tratamiento	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Recuperación Posparto											
· Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Descanso	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura[h]: Habitación o Área Designada
	ver Cuadro 12.6		■		■	
	ver 15.1.1.3		■	■	■	
	2:1		■		■	
	3:1		■	■	■	
	4:1		■	■	■	
	3:1		■			■
	3:1		■	■	■	
	4:1		■			■
	Sin proporción					■
	4:1				■	
	3:1		■		■	
	ver Cuadro 12.6		■		■	
	4:1		■			■
	4:1		■		■	
	4:1		■		■	
	4:1		■			■
	4:1		■			■
	4:1		■		■	
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ESTACIONES DE ENFERMERAS	(continuación)													
• Cirugía Pre y Posoperatoria														
• Circulación General	Ver PASILLOS/Cirugía Pre y Postoperatoria													
• Estación de Trabajo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		ver Cuadro 12.6	
OBSTETRICIA														
• Salas de Partos [i, p]														
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3	
• Baño	Ver BAÑOS/VESTUARIOS (sala de casilleros)													
• Cama														
· Área de Partos	Esta es la zona del abdomen inferior y la que la rodea inmediatamente. Los criterios de iluminación para el parto en el abdomen inferior pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx y, en este entorno más parecido a un hospital, normalmente se proporcionan mediante luminarias más discretas montadas en elcielorraso o sobre él, o mediante luminarias portátiles. Consulte a asesores de equipos médicos; investigue las instalaciones de parto de última generación.													
· Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1	
· Lectura	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición sentada. Eh y E_v @3' AFF.	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
· Ver Televisión	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición sentada. Eh @3' AFF.	K	25	50	100	Prom.							4:1	
• Armario	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1	
• Silla Informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1	
• Luz de Noche [q]	En el sensor de movimiento. Eh @ piso.	A	0.5	1	2	Prom.							Sin proporción	
• Observación Nocturna	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	I	15	30	60	Prom.	D	3	6	12	Prom.		4:1	
• Rincón de Servicio														
· Almacenamiento	E_v Sobre la cara de la estantería de almacenamiento						K	25	50	100	Prom.		3:1	
· Mostrador de Trabajo	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.							ver Cuadro 12.6	
• Área de Partos [i]														
• Cama														
· Salas de Partos	Esta es la zona del abdomen inferior y la que lo rodea inmediatamente. Los criterios de iluminación para el parto en el abdomen inferior pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx y, por lo general, se proporcionan mediante luminarias articuladas de tipo quirúrgico. Consulte con asesores de equipos médicos; inspeccione las instalaciones de última generación de la sala de partos.													
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1	
• Área de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1	
• Salas de Parto														
• Cama	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		4:1	
• Salas de Recién Nacidos														
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1	
• Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		4:1	
• Tratamiento	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Recuperación Posparto														
· Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
· Descanso	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ONCOLOGÍA											
• Quimioterapia											
• Preparación de Agentes	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Tratamiento [l, p]											
· Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Procedimiento [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Radioterapia	Ver RADIOLOGÍA										
SALAS DE OPERACIONES	Ver QUIRÓFANO										
ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
SERVICIOS AL PACIENTE [l]											
• Cajero de Agentes (alta)											
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Área de Transacciones	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cajeros automáticos y Quioscos de Servicios	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Consulta	Ver CONSULTA										
• Entrevistas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF										
• Conversacional		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Formal	Llenado y lectura de formularios	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Salas de día	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones										
• Habitaciones de Pacientes											
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						ver Cuadro 15.2				
• Baño	Ver BAÑOS/VESTUARIOS										
• Cama [p]											
· Examination [m, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Lectura	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición de lectura. Eh y Ev 3' @3' AFF.	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Ver televisión	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición sentada. Eh @3' AFF.	K	25	50	100	Prom.					
• Armario	E_h y E_v @4' AFF @ cara del estante	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Silla informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escritorio	E_h @ escritorio; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Antesala de Aislamiento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Avg
• Luz nocturna [q]	En el sensor de movimiento. E_h @ piso.	A	0.5	1	2	Prom.					
• Observación Nocturna	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	I	15	30	60	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Observación de seguridad/aislamiento	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Alcoba de Servicio											
· Almacenamiento	E_v Sobre la cara de la estantería de almacenamiento						L	37.5	75	150	Prom.
· Mostrador de Trabajo	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.					
• Quioscos de Servicio	Ver SERVICIOS AL PACIENTE/Cajeros Automáticos y Quioscos de Servicio										
• Solariums	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones										

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver 15.1.1.3					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	4:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	4:1					
	4:1					
	Sin proporción					
	4:1					
	4:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ONCOLOGÍA																
• Quimioterapia																
• Preparación de Agentes	E_h @ piso; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1				
• Tratamiento[l, p]																
· Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1				
· Procedimiento[n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
• Radioterapia	Ver RADIOLOGÍA															
SALAS DE OPERACIONES	Ver QUIRÓFANO															
ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
SERVICIOS AL PACIENTE [l]																
• Cajero de Agentes (alta)																
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1				
• Área de Transacciones	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Cajeros automáticos y Quioscos de Servicios	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1				
• Consulta	Ver CONSULTA															
• Entrevistas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF															
• Conversacional		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1				
• Formal	Llenado y lectura de formularios	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1				
• Salas de día	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones															
• Habitaciones de Pacientes																
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)							ver Cuadro 15.2				ver 15.1.1.3				
• Baño	Ver BAÑOS/VESTUARIOS															
• Cama [p]																
· Examination[m, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	ver Cuadro 12.6				
· Lectura	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición de lectura. Eh y Ev 3' @3' AFF.	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1				
· Ver televisión	Área pequeña en la cabecera de la cama en posición sentada. Eh @3' AFF.	K	25	50	100	Prom.						4:1				
• Armario	E_h y E_v @4' AFF @ cara del estante	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1				
• Silla informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
• Escritorio	E_h @ escritorio; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	4:1				
• Antesala de Aislamiento	E_h @ piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Avg	4:1				
• Luz nocturna[q]	En el sensor de movimiento. E_h @ piso.	A	0.5	1	2	Prom.						Sin proporción				
• Observación Nocturna	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	I	15	30	60	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1				
• Observación de seguridad/aislamiento	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	4:1				
• Alcoba de Servicio																
· Almacenamiento	E_v Sobre la cara de la estantería de almacenamiento						L	37.5	75	150	Prom.	3:1				
· Mostrador de Trabajo	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.						ver Cuadro 12.6				
• Quioscos de Servicio	Ver SERVICIOS AL PACIENTE/Cajeros Automáticos y Quioscos de Servicio															
• Solariums	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones															

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
PASOS PEATONALES	Ver 26 ǀ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
FARMACIAS [l]											
• Bóveda de Sustancias Controladas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Recepción, control de Registros y Almacenamiento de Medicamentos	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Revisión de Utilización de Medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Bóveda de medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Preparación improvisada	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Reenvasado improvisado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Llenado y ensamblaje	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Almacenamiento de hemodiálisis	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mezclas intravenosas y Transferencias Asépticas	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Asignación de Medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Preparación de Medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Almacenamiento de Control de Venenos	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Preenvasado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Recepción de Recetas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Prótesis y Suministros Médicos	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Recepción	Ver FARMACIAS/Recepción de Medicamentos, Control de Registros y Almacenamiento										
• ESTADÍSTICA (Servicio Inmediato)	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Almacenamiento de Líquidos Estériles y Conjuntos de Mezclas	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Dispensación de Dosis Unitarias	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Bóveda	Ver FARMACIAS/Bóveda de Drogas										
PROCEDIMIENTOS	Ver PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS										
RADIOLOGÍA											
• Anestesiología	Ver ANESTESIOLOGÍA										
• Consulta y Visualización	Ver CONSULTA										
• Cabina o Nicho de Control [n]	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Diagnóstico											
• Cocina de Bario	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Clasificación de Películas (Medios Heredados)	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Visualización de Imágenes [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Radiografía/Fluoroscopia [r]	Los criterios se aplican a varios métodos de exploración, como la Tomografía Computarizada (TC), la Resonancia Magnética (IRM) y la Ecografía.										
• Arte en el Cielorraso	Introduzca fotomurales retroiluminados o paneles de arte en el cielorraso o sobre la posición de la cabeza del paciente reclinado.										
• Preparación [l, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Procedimiento [l, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	4:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PASOS PEATONALES	Ver 26 ❙ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
FARMACIAS [l]																
• Bóveda de Sustancias Controladas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Recepción, control de Registros y Almacenamiento de Medicamentos	E_h @ piso; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1			■
• Revisión de Utilización de Medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Bóveda de medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■	
• Preparación improvisada	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Reenvasado improvisado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■	
• Llenado y ensamblaje	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1			■
• Almacenamiento de hemodiálisis	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Mezclas intravenosas y Transferencias Asépticas	E_h @ piso; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Asignación de Medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Preparación de Medicamentos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Almacenamiento de Control de Venenos	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Preenvasado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Recepción de Recetas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Prótesis y Suministros Médicos	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Recepción	Ver FARMACIAS/Recepción de Medicamentos, Control de Registros y Almacenamiento															
• ESTADÍSTICA (Servicio Inmediato)	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Almacenamiento de Líquidos Estériles y Conjuntos de Mezclas	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Dispensación de Dosis Unitarias	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■	
• Bóveda	Ver FARMACIAS/Bóveda de Drogas															
PROCEDIMIENTOS	Ver PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS															
RADIOLOGÍA																
• Anestesiología	Ver ANESTESIOLOGÍA															
• Consulta y Visualización	Ver CONSULTA															
• Cabina o Nicho de Control [n]	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			■
• Diagnóstico																
• Cocina de Bario	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1			■
• Clasificación de Películas (Medios Heredados)	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1			■
• Visualización de Imágenes [n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			■
• Radiografía/Fluoroscopia [r]	Los criterios se aplican a varios métodos de exploración, como la Tomografía Computarizada (TC), la Resonancia Magnética (IRM) y la Ecografía.															
• Arte en el Cielorraso	Introduzca fotomurales retroiluminados o paneles de arte en el cielorraso o sobre la posición de la cabeza del paciente reclinado.															
• Preparación [l, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			■
• Procedimiento [l, n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1			■

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
RADIOLOGÍA	(continuación)										
• Examen	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										
• Área de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Terapia											
• Cocina de Isótopos											
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Radioterapia [r]	Los criterios se aplican a varios métodos de terapia.										
• Arte en el Cielorraso	Introduzca fotomurales retroiluminados o paneles artísticos en el cielorraso sobre la posición de la cabeza del paciente recostado.										
• Preparación, Observación [l, n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Tratamiento [l, n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
RECUPERACIÓN	Ver SALAS DE OPERACIÓN										
VENTA MINORISTA	Ver 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA MINORISTA										
TIENDAS											
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF. Véase también 30/ ILUMINACIÓN PARA FABRICACIÓN.										
• Ensamblaje	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Inspección	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Maquinado	Trabajo de banco medio	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Mantenimiento	Reparaciones generales en taller	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Carpintería	Proceso fino	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	Prom. = 0.3 veces la tarea E_h					Prom. = 0.3 veces la tarea E_v				
SPAS	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA										
PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ESTÉRIL	SPD; también conocido como Procesamiento y Distribución de Suministros										
• Lavado Automático de Carros	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Área Almacenamiento a Granel	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción y Separación Limpias	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Lado Limpio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Inspección y Preparación de Ropa y Paquetes Quirúrgicos	E_h @2' 6"; E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Lavado Manual de Equipos	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Preparación, Ensamblaje y Esterilización	E_h @2' 6"; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento Estéril y no Estéril	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	4:1					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	vea Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
RADIOLOGÍA	(continuación)															
• Examen	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento															
• Área de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1			
• Terapia																
• Cocina de Isótopos																
· Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1			
· General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Radioterapia	Los criterios se aplican a varios métodos de terapia.															
· Arte en el Cielorraso	Introduzca fotomurales retroiluminados o paneles artísticos en el cielorraso sobre la posición de la cabeza del paciente recostado.															
· Preparación, Observación[l, n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
· Tratamiento[l, n]	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1			
RECUPERACIÓN	Ver SALAS DE OPERACIÓN															
VENTA MINORISTA	Ver 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA MINORISTA															
TIENDAS																
• Bancos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF. Véase también 30/ ILUMINACIÓN PARA FABRICACIÓN.															
• Ensamblaje	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		vea Cuadro 12.6			
• Inspección	Proceso difícil	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		vea Cuadro 12.6			
• Maquinado	Trabajo de banco medio	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		vea Cuadro 12.6			
• Mantenimiento	Reparaciones generales en taller	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		vea Cuadro 12.6			
• Carpintería	Proceso fino	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		vea Cuadro 12.6			
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	Prom. = 0.3 veces la tarea E_h					Prom. = 0.3 veces la tarea E_v						3:1			
SPAS	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA															
PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ESTÉRIL	SPD; también conocido como Procesamiento y Distribución de Suministros															
• Lavado Automático de Carros	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1			
• Área Almacenamiento a Granel	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			
• Recepción y Separación Limpias	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Lado Limpio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Inspección y Preparación de Ropa y Paquetes Quirúrgicos	E_h @2' 6"; E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1			
• Lavado Manual de Equipos	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Preparación, Ensamblaje y Esterilización	E_h @2' 6"; E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1			
• Almacenamiento Estéril y no Estéril	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE APOYO											
•Barbería	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salones										
•Salón de Belleza	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salones										
• Salas de Descanso/Comedor	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Guardarropas o Guardarropía	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Salas de Fotocopiado/Impresión											
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Espacios Intersticiales[s]	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Armario de Conserjería	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Envío											
• Muelle	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Preparación	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Salón	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salones										
• Almacenamiento	E_h @ piso ; E_v @4' AFF										
• Aparatos y Equipos		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Artículos Voluminosos		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Artículos Medianos		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Artículos Pequeños		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Oxígeno		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Camillas y Sillas de Ruedas		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Cuartos del Personal											
• Dormitorios											
· Silla Informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Escritorio	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Pasillos	Ver PASILLOS/Habitaciones										
• Salas de Guardia	Ver ESPACIOS DE APOYO/Habitaciones del Personal/Dormitorios										
SALAS DE OPERACIÓN											
• Suministros Limpios y Estériles	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Área de Apoyo Central Limpia	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Salas de Control [k]											
• Cistoscopia	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Radiografía	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Descontaminación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Cubículos de Dictado	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Quirófanos (ORs)[k, m]	Cirugías Cardíacas, Citoscópicas, de uso General, Neurocirugía y Ortopédicas										
• Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Campo Quirúrgico o de Operaciones	Esta es el área del sitio de la cirugía y sus alrededores. Dependiendo de los procedimientos médicos y el equipo involucrado, los criterios de iluminancia en el sitio de la cirugía pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx para métodos de visión directa y generalmente se proporcionan mediante luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza iluminación general arquitectónica atenuada o iluminación de pared de fondo. Consulte a los proveedores del equipo médico involucrado o a los consultores de equipo médico; inspeccione las instalaciones de quirófano de última generación.										
• Mesa	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	W	1500	3000	6000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			f	g	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	4:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ESPACIOS DE APOYO														
•Barbería	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salones													
•Salón de Belleza	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salones													
• Salas de Descanso/Comedor	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Guardarropas o Guardarropía	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
•Salas de Fotocopiado/Impresión														
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
•Espacios Intersticiales[s]	E_h @ piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		3:1	
• Armario de Conserjería	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Recepción/Envío														
• Muelle	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1	
• Recepción/Preparación	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1	
•Salón	Ver 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA/SPAS/Salones													
• Almacenamiento	E_h @ piso; E_v @4' AFF													
• Aparatos y Equipos		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Artículos Voluminosos		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1	
• Artículos Medianos		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Artículos Pequeños		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Oxígeno		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Camillas y Sillas de Ruedas		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1	
•Cuartos del Personal														
• Dormitorios														
· Silla Informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
· Escritorio	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver Cuadro 12.6	
· General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1	
• Pasillos	Ver PASILLOS/Habitaciones													
• Salas de Guardia	Ver ESPACIOS DE APOYO/Habitaciones del Personal/Dormitorios													
SALAS DE OPERACIÓN														
• Suministros Limpios y Estériles	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Área de Apoyo Central Limpia	E_h @ piso; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Salas de Control [k]														
• Cistoscopia	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Radiografía	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Descontaminación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Cubículos de Dictado	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Quirófanos (ORs)[k, m]	Cirugías Cardíacas, Citoscópicas, de uso General, Neurocirugía y Ortopédicas													
• Limpieza/Preparación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	V	1000	2000	4000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1	
• Campo Quirúrgico o de Operaciones	Esta es el área del sitio de la cirugía y sus alrededores. Dependiendo de los procedimientos médicos y el equipo involucrado, los criterios de iluminancia en el sitio de la cirugía pueden necesitar ser muy superiores a 25.000 lx para métodos de visión directa y generalmente se proporcionan mediante luminarias articuladas de estilo quirúrgico. Para los métodos de visión por video, se utiliza iluminación general arquitectónica atenuada o iluminación de pared de fondo. Consulte a los proveedores del equipo médico involucrado o a los consultores de equipo médico; inspeccione las instalaciones de quirófano de última generación.													
• Mesa	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	W	1500	3000	6000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		2:1	

Uniformidad: 1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades. Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SALAS QUIRÚRGICAS	(continuación)										
• Área de Espera de Pacientes [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Sala de Preparación del Técnico de Bombas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Recuperación [m]											
• Examen [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General											
· Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Descanso	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Nicho de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de Espera de Suciedad	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de Registro de Equipo Especial	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento y Armarios											
• Anestesia y Equipo	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Aparatos y Equipo	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Servicio de Limpieza	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de Recolección de Basura	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sala de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
TERAPIA											
• Quimioterapia	ver ONCOLOGÍA										
• Clínica Correctiva	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Educativa/Vocacional	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de Terapia Grupal [n]											
• General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Inhalación	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área de Órtesis y Entablillado											
• Banco	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Detalle Fino	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Físico											
• Hidromasajes Brazos y Piernas	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Clínicas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF, habitación	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Tanques Hubbard	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Hidroterapia	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de Tratamiento Especial	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Mesas y Ejercicios Individuales	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de Tratamiento	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Radiación	Ver RADIOLOGÍA										
• Recreación	Ver ÁREAS DE ACTIVIDADES										
• Respiratorio	Ver TERAPIA/INHALACIÓN										

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■	■		■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■	■		■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■		■	

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d										Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura			f	g	Área Típica de Cobertura [h]	
		Objetivos (E_h) Horizontal. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min				
SALAS QUIRÚRGICAS	(continuación)																	
• Área de Espera de Pacientes [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Preparación del Técnico de Bombas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Recuperación [m]																		
• Examen [n]	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, cama completa	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■		■	
• General																		
· Observación	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
· Descanso	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Nicho de Lavado	E_h @3' AFF; E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■		■	
• Área de Espera de Suciedad	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Registro de Equipo Especial	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■	■		■
• Almacenamiento y Armarios																		
• Anestesia y Equipo	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Aparatos y Equipo	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Servicio de Limpieza	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Recolección de Basura	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■	■		■
TERAPIA																		
• Quimioterapia	ver ONCOLOGÍA																	
• Clínica Correctiva	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Educativa/Vocacional	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			■
• Sala de Terapia Grupal [n]																		
• General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Mesa	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Inhalación	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Área de Órtesis y Entablillado																		
• Banco	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
• Detalle Fino	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■		■	
• General	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Físico																		
• Hidromasajes Brazos y Piernas	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Clínicas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF, habitación	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Tanques Hubbard	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Hidroterapia	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Áreas de Tratamiento Especial	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	S	375	750	1500	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■		■	
• Mesas y Ejercicios Individuales	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Áreas de Tratamiento	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
• Radiación	Ver RADIOLOGÍA																	
• Recreación	Ver ÁREAS DE ACTIVIDADES																	
• Respiratorio	Ver TERAPIA/INHALACIÓN																	

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TERAPIA	(continuación)										
•Patología del Habla	Ver Terapia de OÍDO, NARIZ Y GARGANTA/Patología del Habla										
•Lesión de la Médula Espinal											
• Hidromasajes para Brazos y Piernas	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Clínicas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Tanques Hubbard	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Piscina Terapéutica											
• Terraza (Delantal)	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Piscina	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
BAÑOS/VESTUARIOS											
•Accesorios	Eh@ parte superior del accesorio de plomería E_v @3'-5' AFF	K	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•**General**	E_h @ piso ; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Casilleros	E_h @ piso ; E_v @ CARA DE LOS CASILLEROS	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Duchas	E_h @ piso ; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
•Pasillos de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Trastienda											
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min. ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
• Pasillos independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Público											
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min. ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
• Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores											
• Carga											
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pasajero											
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Paciente											
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TERAPIA	(continuación)																	
•Patología del Habla	Ver Terapia de OÍDO, NARIZ Y GARGANTA/Patología del Habla																	
•Lesión de la Médula Espinal																		
• Hidromasajes para Brazos y Piernas	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓		■	
• Clínicas	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓			■
• Tanques Hubbard	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓		■	
•Piscina Terapéutica																		
• Terraza (Delantal)	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF, habitación	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓		■	
• Piscina	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF, habitación	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		✓			■
BAÑOS/VESTUARIOS																		
•Accesorios	Eh@ parte superior del accesorio de plomería E_v @3'-5' AFF	K	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		✓		■	
•**General**	E_h @ piso ; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓			■
•Casilleros	E_h @ piso ; E_v @ CARA DE LOS CASILLEROS	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		✓		■	
•Duchas	E_h @ piso ; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		✓			■
•Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		✓		■	
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																		
•Pasillos de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																	
• Trastienda																		
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min. ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran						2:1		✓			■
• Pasillos independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓			■
• Público																		
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min. ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran						3:1		✓			■
• Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓			■
• Ascensores																		
• Carga																		
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓			■
• Umbral																		
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		■	
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		■	
• Pasajero																		
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓			■
• Umbral																		
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		■	
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		■	
• Paciente																		
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		✓			■
• Umbral																		
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		■	
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		■	

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud (continuación en la página siguiente)

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)										
• Entradas	Ver ENTRADAS DE EDIFICIOS										
• Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos y Salas de Espera											
• Circulación, Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• **General**											
• En las entradas de los Edificios	Proximidad al exterior. La iluminación debe diseñarse para facilitar la adaptación al pasar hacia o desde el exterior.										
• Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Lejos de las Entradas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Control de Seguridad											
• Habitaciones Privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Vestíbulos Públicos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de Lectura/Espera	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Recepción	Como el registro de visitantes o el servicio de conserjería de información y orientación.										
• Escritorio	La determinación de la edad puede ser tan o más relevante con respecto a los huéspedes o clientes que con respecto al personal.										
• Cubierta del Escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Pared Focal Detrás del Escritorio	En el plano de la pared						ver Cuadro 15.2				
• Salones											
• Pacientes y Visitantes											
• **General**	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Juegos de Mesa	Ver ÁREAS DE ACTIVIDAD/Juegos										
• Televisión	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Áreas de Lectura/Trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Áreas Sociales/de Espera	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• Actividad Intensa ɫ	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en Vivo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
TRATAMIENTO	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento										

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	ver Cuadro 12.6					
	4:1					
	4:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 27.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 27.3 Criterios de Iluminancia.
Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer la iluminancia de los objetivos para un proyecto. Ver Tabla 27.3 | Conversiones dimensionales SI.

a. Las aplicaciones, tareas o visualización de detalles específicos encontrados en cualquier proyecto determinado pueden ser diferentes de estos y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 27.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Se destacan las tareas al aire libre.
b. Los valores citados deben mantenerse en el tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son consenso y se consideran apropiados para las respectivas funciones. actividad. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Aparentemente esto es un artefacto de la métrica. Conversión de Footcandle de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse entre 1 fc y 10 lx. Respecto al menos, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican en conjunto con relaciones de luminancia y reflectancias superficiales. Cualquier uniformidad entre paréntesis de los valores hacen referencia a aplicaciones o tareas entre paréntesis respectivas, como unas pocas situaciones asociadas con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el ícono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas del día. La iluminación natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOTipo III o tareas impresas con tinta o papel brillante, son propensas a velar los reflejos. La probabilidad de que una aplicación o tarea esté predispuesta a ocultar reflejos se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica una alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Verde resaltado identifica la tarea propiamente dicha o el área de tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado en ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Consulte la Sección 27.2.4 Atención ambulatoria para obtener información adicional.
j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda, según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.
k. Los objetivos de iluminancia citados son para áreas objetivo anotadas y logradas con un mínimo de control de 3 niveles, si no control de atenuación, de iluminación arquitectónica.
l. Utilice lámparas con IRC ≥85.

m. , Utilice lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≥85.
n. Controle la iluminación arquitectónica con atenuadores para adaptarse a diversas necesidades.
o. Se deben tomar disposiciones para equipos y controles de iluminación seguros.
p. Controlar de forma independiente la iluminación para su uso según sea necesario durante los procedimientos.
q. Utilice luces nocturnas que produzcan espectros entre 600 y 620 nm. Ver 12.4 Factores fisiológicos.
r. Algunos equipos de escaneo afectan metales ferrosos con resultados potencialmente catastróficos. Consulte la Sección 27.2.36 Radiología para obtener más información.
s. Haga provisiones eléctricas para luces de trabajo portátiles.
t. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de niveles de actividad interior y exterior nocturna.

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Salud

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)																	
• Entradas	Ver ENTRADAS DE EDIFICIOS																	
• Escaleras Mecánicas/Pasillos Móviles	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Vestíbulos y Salas de Espera																		
• Circulación, Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
• General																		
• En las entradas de los Edificios	Proximidad al exterior. La iluminación debe diseñarse para facilitar la adaptación al pasar hacia o desde el exterior.																	
• Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		4:1		■			■
• Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1					■
• Lejos de las Entradas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		4:1		■			■
• Control de Seguridad																		
• Habitaciones Privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
• Vestíbulos Públicos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Áreas de Lectura/Espera	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		■		■	
• Recepción	Como el registro de visitantes o el servicio de conserjería de información y orientación.																	
• Escritorio	La determinación de la edad puede ser tan o más relevante con respecto a los huéspedes o clientes que con respecto al personal.																	
• Cubierta del Escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Cuadro 12.6		■		■	
• Pared Focal Detrás del Escritorio	En el plano de la pared								ver Cuadro 15.2						■		■	
• Salones																		
• Pacientes y Visitantes																		
• **General**	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1		■			■
• Juegos de Mesa	Ver ÁREAS DE ACTIVIDAD/Juegos																	
• Televisión	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1		■	■	■	
• Áreas de Lectura/Trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■		■	
• Áreas Sociales/de Espera	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1		■			■
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
• Actividad Intensa ‡	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Vigilancia en Vivo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Típico	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
TRATAMIENTO	Ver ATENCIÓN AMBULATORIA/Examen y Tratamiento																	

Tabla 27.2 | Recomendaciones de Iluminación para Establecimientos de Atención de Salud

Cuadro 24.3 | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

La siguiente discusión está vinculada a los principales encabezados de aplicación en la Tabla 27.2. Combine esto con los temas de la Tabla 27.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales. Aunque muchas aplicaciones de atención médica incluyen áreas de espera dedicadas, todas las áreas de espera se abordan en la Tabla 27.2 en ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera.

27.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta las percepciones de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. En las instalaciones de atención médica, la acentuación afecta tanto a las experiencias del paciente como de los cuidadores. La acentuación contribuye a un entorno menos intimidante y menos institucional. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación de Acento.

Cuando surgen situaciones en las que los presupuestos de costos o energía impiden la implementación completa de la acentuación, el contraste de color puede ser una alternativa eficaz al contraste de luminancia. En este caso, cuando la densidad de potencia de la iluminación impulsa acabados neutros y de tonos claros, los acentos de acabado coloridos en áreas pequeñas de cielorrasos o paredes son útiles. Sin embargo, el contraste de color como acento debe limitarse a aplicaciones pequeñas y llamativas en áreas donde las iluminaciones verticales o los efectos de iluminación del cielorraso son moderados a altos. De lo contrario, se pierde el efecto.

Los centros de atención médica pueden estar muy señalizados. La señalización puede estar iluminada internamente, acentuada frontalmente o iluminada por la luz general de un espacio o área. La cantidad de señalización, las jerarquías y prioridades de si se ilumina la señalización y cómo, y la ubicación, el tamaño y el contraste inherente deben ser parte de

la programación. Es necesaria la coordinación con otros miembros del equipo, incluidos los consultores de señalización o gráficos.

27.2.2 ÁREAS DE ACTIVIDAD

27.2.2 Áreas de actividad Las áreas de actividad son espacios comunes donde los pacientes, y a veces los visitantes, pueden participar en manualidades y juegos. El equipo de diseño debe aprovechar lo que podrían ser las únicas áreas de respiro de la naturaleza más institucional de los diagnósticos, tratamientos e incluso convalecencia. La programación de las actividades es importante para ajustar la iluminación por espacio o área a las tareas. Aunque la edad juega un papel en la determinación de las iluminancias, es importante notar que este tipo de tareas o actividades no están presionadas por altos grados de precisión o velocidad.

27.2.3 ADMINISTRACIÓN

La iluminación para áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico y los detalles de las tareas varían según el centro de atención médica asociado o el campus y la base de pacientes. Estos detalles deben afectar el diseño de iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias. Las áreas administrativas generalmente se consolidan en una sola área, ala o edificio. Varios aspectos pueden afectar el grado en que el diseño de iluminación es comprensivo o diferente del de las otras aplicaciones y tareas en el centro de atención médica en cuestión:

• Deseos del propietario y deseos arquitectónicos

• Grado en que la clientela o los prospectos comerciales visitan las operaciones administrativas

• Vista entre las áreas administrativas y las áreas de atención médica

• Estilo de gestión e inmersión en las funciones de atención médica

27.2.4 ATENCIÓN AMBULATORIA

También llamada atención ambulatoria, la atención ambulatoria es el departamento o edificio o edificios que albergan a pacientes que generalmente no necesitan ser ingresados en un hospital. Muchos pacientes ambulatorios están programados para diagnósticos o tratamientos. Un departamento de emergencias puede estar asociado con la atención ambulatoria. Los objetivos de iluminancia nocturna para las cocheras están destinados a la aplicación durante las horas oscuras de operación donde la iluminación se considera necesaria o deseables. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados.

Para proporcionar entornos menos intimidantes para los pacientes y condiciones de visualización más flexibles para los cuidadores, muchas instalaciones de atención ambulatoria deben estar equipadas con sistemas de conmutación de varios niveles, si no de atenuación. Las salas de examen pueden configurarse en un entorno previo y posterior al examen donde la iluminación es algo tenue y puede ser más propicia para las tareas de consulta y entrevista. Dependiendo del tamaño y la geometría de la sala, un sistema de iluminación ambiental en conmutación o atenuación de 3 niveles puede satisfacer la mayoría de las necesidades de iluminación en una sala de examen, excepto la tarea de registro en la estación de registro. Aquí, generalmente se emplea iluminación de trabajo que, cuando se usa durante el entorno previo o posterior al examen, proporciona un entorno visualmente más interesante y menos institucional. Esta disposición de conmutación o atenuación tiene el beneficio adicional de un uso reducido de energía en comparación con todas las luces encendidas a toda hora.

Coordínese con el asesor de equipos médicos para determinar si es necesario contar con iluminación adicional portátil o permanente para cirugía, tratamiento o examen, específica para cada tarea y dedicada exclusivamente a las tareas respectivas. Este equipo, también conocido como luminarias para procedimientos, generalmente lo especifica el asesor de equipos médicos. De lo contrario, investigue los requisitos de iluminación prescriptivos, ya que varían en gran medida y se basan en el tipo de procedimiento, los requisitos visuales y las recomendaciones de los proveedores de equipos médicos. Por ejemplo, las técnicas clínicas manuales con visión directa pueden tener requisitos muy diferentes a las técnicas robóticas con visión por video y es posible que sea necesario adaptar ambas.

27.2.5 ANESTESIA

Administrar anestesia y observar a los pacientes bajo anestesia es una tarea crítica. Confirme que los anestésicos utilizados no sean inflamables, de lo contrario, se necesitarán equipos de iluminación y conmutación clasificados para ubicaciones peligrosas donde se manipule y almacene este material. Consulte a la autoridad competente y al equipo de diseño.

27.2.6 ATRIOS Y PATIOS

La iluminación para atrios y patios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. En grandes instalaciones y campus de atención médica, los atrios y patios juegan un papel importante como áreas de descanso. La iluminación debe ser coherente con las funciones de estas áreas al tiempo que mejora sus roles de alivio espacial y visual. La Figura 27.1 ilustra un enfoque de iluminación para un atrio grande.

27.2.7 AUDITORIOS

La iluminación para auditorios se analiza en 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN.

27.2.8 ENTRADAS DE EDIFICIOS

La iluminación para entradas de edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. La iluminación de las entradas de los edificios de las instalaciones sanitarias contribuye significativamente a la secuencia de llegada nocturna, donde la claridad del destino es importante. En la entrada, la iluminación vertical y horizontal son importantes para ayudar en la interacción peatón/vehículo. Las lámparas con CRI $\geqq$82 realzan los tonos de piel y el color de la ropa y del vehículo. Las lámparas con CCT $\leqq$3500 K ofrecen una apariencia más atractiva y menos institucional que sus contrapartes con una temperatura de color más alta. Una variable que afecta los criterios es el nivel de actividad durante las horas nocturnas. Otra variable es la zona de iluminación exterior nocturna. Los niveles de actividad nocturna pueden variar según el tipo de instalación, como una clínica de especialidades independiente, una clínica de atención de urgencias o un hospital de servicio completo. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación o en la que el equipo y el cliente eligen diseñar afecta los criterios de iluminación para las tareas al aire libre. Las designaciones de la zona de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad, o la propia definición de lugar del equipo. Estos se discuten en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Consulte también la Tabla 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto Ambiental Exterior. El tipo de instalación, el horario de operación, los niveles de actividad y las zonas de iluminación exterior nocturna deben establecerse en la programación. La Figura 27.2 ilustra la iluminación de una entrada a un centro de atención cardíaca.

27.2.9 CAPILLA/MEDITACIÓN

La iluminación para lugares de culto y meditación se analiza en 37 | ILUMINACIÓN PARA EL CULTO. En los centros de atención médica, los espacios de culto suelen ser no confesionales. Si estos están programados para su uso por una

variedad de órdenes religiosas, entonces los controles de escena preestablecidos pueden ser convenientes, si no una necesidad. La Figura 37.2 ilustra una capilla de meditación de hospital.

27.2.10 AULAS

Muchos hospitales de servicio completo están asociados con universidades y pueden tener necesidad de aulas. Independientemente, la mayoría de las instalaciones de atención médica más grandes necesitan capacitación periódica, si no frecuente. La iluminación de las aulas se aborda en 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN.

27.2.11 CONSULTA

La consulta con los pacientes puede ocurrir en espacios dedicados a las tareas de consulta y entrevista o puede ocurrir en espacios clínicos, como salas de examen o tratamiento. Se deben utilizar controles para abordar las necesidades de iluminancias variables. Esto reduce el consumo de energía y ayuda a contribuir a una experiencia más orientada al paciente.

27.2.12 CONFERENCIAS

La iluminación de las instalaciones de conferencias se aborda en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

27.2.13 PASILLOS

Las iluminancias de los pasillos están relacionadas con los tipos de espacios adyacentes para minimizar las transiciones extremas de un espacio a otro. Cuando los procedimientos clínicos intensivos son parte de la aplicación y, por lo tanto, las iluminancias de las tareas son grandes y donde existe la probabilidad de circulación frecuente de pacientes o personal dentro y fuera de estos espacios, como podría ocurrir en una suite dental, la iluminancia de los pasillos es relativamente mayor que la de las situaciones no clínicas. En aplicaciones donde los pacientes están confinados a la cama, las iluminancias de los pasillos generalmente corresponden a los ciclos diurnos y nocturnos. Esto requiere controles y enfoques de iluminación orientados a las tareas en las áreas de trabajo para minimizar las molestias nocturnas de los pacientes mientras se adaptan a los deberes de enfermería. Los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y los requisitos y el diseño de los cuales deben ser coordinados entre el equipo de diseño.

27.2.14 SUITE DENTAL

La iluminación arquitectónica debe proporcionar una iluminancia de fondo adecuada para los procedimientos, tratamientos y cirugías dentales. Para satisfacer las necesidades del cuidador y las técnicas de visión directa comunes en odontología, la iluminación arquitectónica debe establecer una condición mínima de control de 3 niveles o, preferiblemente, atenuación que luego se puede usar junto con una luminaria o faro para examen o procedimiento. La temperatura de color y la reproducción cromática deben ser apropiadas para el procedimiento. En los espacios de examen, tratamiento y cirugía y donde los procedimientos implican la combinación de colores, como la prostodoncia, las lámparas deben exhibir CCT de 5000 K y CRI ≧85. El calce de color en la dentadura artificial versus la natural es un gran desafío, debido a que los dientes se deben ver en una diversidad de fuentes luminosas. La iluminación natural es beneficiosa junto con las lámparas de 5000 K y 85+ CRI.

27.2.15 PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO

Algunas situaciones clínicas implican procedimientos mínimamente invasivos o exámenes detallados de superficies o cavidades donde se utilizan luminarias de examen o quirúrgicas de brazo articulado altamente especializadas (luminarias de procedimiento) además de la iluminación arquitectónica. La mayoría, si no todas, de estas luminarias de procedimiento

son especificadas por consultores de equipos médicos o suministradas por los proveedores que proporcionan el equipo de diagnóstico y tratamiento. Su tipo, como montaje en el cielorraso o portátil, y el alcance de su uso dependen del procedimiento y las técnicas de visualización empleadas: visualización directa o visualización por video. La cantidad y ubicación de las luminarias de procedimiento tienen prioridad. La iluminación arquitectónica debe planificarse en consecuencia y debe proporcionar una luminancia de fondo adecuada y, en consecuencia, una iluminancia adecuada. Para satisfacer las necesidades del personal médico y las técnicas de visualización directa y visualización por video, la iluminación arquitectónica debe estar disponible de manera incremental a través de un control mínimo de 3 niveles o, para visualización por video, preferiblemente a través de atenuación. Se recomienda una coordinación y planificación adicionales con los proveedores de equipos y el personal de procedimientos médicos cuando se involucran técnicas de visualización de video para que los controles e iluminancias disponibles de la iluminación arquitectónica se adapten adecuadamente. Cuando se utilizan luminarias de procedimientos, se logran relaciones de luminancia adecuadas entre la tarea y el fondo con iluminancias muy altas de las luminarias de procedimientos que iluminan cavidades oscuras o áreas de tonos oscuros expuestas por la incisión frente a iluminancias relativamente bajas a moderadas de la iluminación arquitectónica que ilumina acabados de superficies de la sala de tonos claros. Estos acabados suelen ser neutros para evitar cualquier cambio de color indeseable en la luz disponible. La temperatura de color y la reproducción del color deben ser apropiadas para el procedimiento. En los espacios de examen, tratamiento y cirugía y donde los procedimientos involucran la combinación de colores, las lámparas deben exhibir CCT de 5000 K y CRI ≧85. Cuando se desea un entorno neutro, casi meditativo para los diagnósticos, como el de la electrocardiografía, se recomiendan técnicas de iluminación indirecta para la iluminación general.



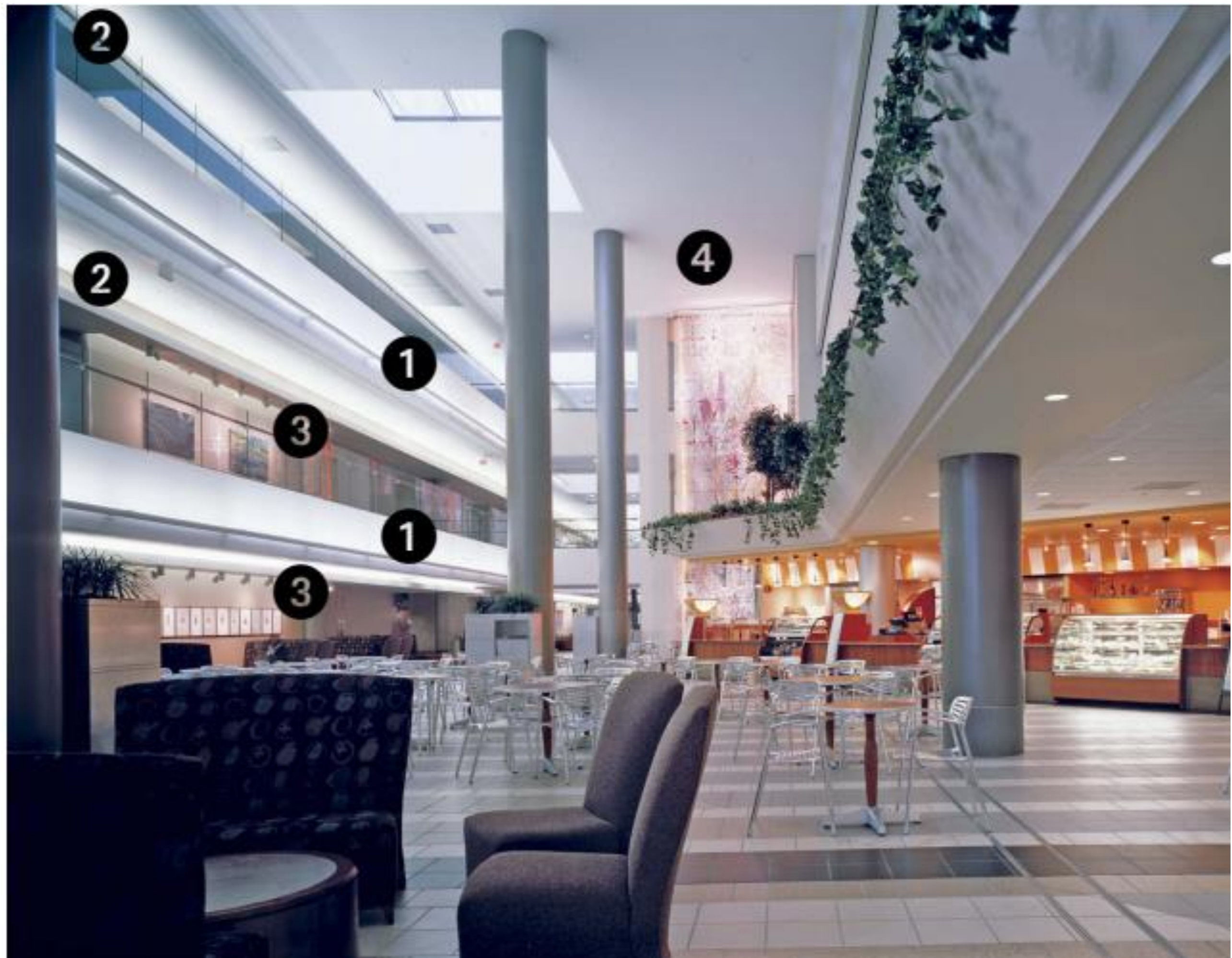


FIGURA 27.1 | ATRIOS

Este atrio con luz natural contiene mucho volumen que puede representar un desafío significativo para cumplir con los criterios de iluminancia, densidades de potencia de iluminación y luminancias espaciales generales. Se utilizan tres enfoques de iluminación en todo el atrio: ambiental, de trabajo y de acento. La iluminación ambiental contribuye con gran parte de la iluminancia general a nivel del piso y se logra principalmente con técnicas de iluminación indirecta. Los mamparos están iluminados con luminarias tubulares con lentes lineales de 4" de diámetro que utilizan lámparas de 85 CRI y 3500 K CCT. Las luminarias están en voladizo desde el mamparo aproximadamente 8" con ópticas orientadas hacia arriba y sobre el mamparo (ver imagen de arriba) ❶ Se utiliza iluminación de cornisa fluorescente para iluminar los cielorrasos en las zonas de circulación en cada piso ❷ Las luces de ranura fluorescentes enfatizan algunas paredes de arte ❸ Las vitrinas y el mostrador de recepción (no se muestran) exhiben iluminación de trabajo interna. Los proyectores PAR20/CMH de 39 W y haz de 30° equipados con lentes con una separación de 55° y filtros UV acentúan las ilustraciones ❸ y ❹

» Imágenes www.jmaconochie.com







FIGURA 27.2 | ENTRADA Y COCHERA

La secuencia de llegada y salida en este centro de atención médica es similar: los pacientes y visitantes experimentan una cochera relativamente brillante lograda con técnicas de iluminación indirecta. Las luces ascendentes a nivel del suelo bañan las grandes superficies planas de las columnas y los recintos de servicio. Donde estos recintos son perpendiculares al flujo de tránsito, las ranuras empotradas en el cielorraso se acoplan a los recintos y continúan a través de los carriles de tránsito. Un patrón de ranuras empotradas más cortas define el carril de llegada/salida. Las ranuras del cielorraso son canales dimensionales con equipo de iluminación con lentes empotrado en los planos verticales que miran en dirección opuesta al tránsito entrante. Esto crea una impresión de un canal que brilla suavemente sin equipo visible. Esto también evita la apariencia indecorosa de lentes sin limpiar en el plano del cilorraso. Las técnicas de iluminación indirecta cumplen con las iluminancias horizontales y verticales apropiadas para áreas donde los peatones y los vehículos deben interactuar. Todas las lámparas presentan CCT de 3000 K con CRI ≧82 para un efecto cálido y relajante donde los tonos de piel y los colores de la ropa y del vehículo son identificables con precisión. Las luces de cielorraso empotradas utilizan 70 lámparas WT6 CMH. Las farolas decorativas están equipadas con 150 lámparas WT6 CMH. Los huecos del cielorraso empotrados utilizan luminarias fluorescentes equipadas con 32 lámparas WT8. Observe el contraste entre el haluro metálico "estándar" de 4100 K utilizado en la circulación vehicular en el fondo izquierdo de la imagen superior frente al CMH y el fluorescente de 3000 K en las zonas exteriores de pacientes y visitantes.

» Imágenes ©Tim Griffith

27.2.16 CENTROS DE DIÁLISIS

La experiencia del paciente mejora enormemente si la iluminación se planifica y controla para adaptarse a tareas específicas, pero sólo según sea necesario. Por ejemplo, durante los pasos iniciales del tratamiento, el paciente está conectado a una máquina de hemodiálisis. La iluminación debe ser suficiente, pero sólo durante el tiempo necesario para permitir la limpieza de los puntos de inserción y para realizar la conexión de la máquina al paciente de manera rápida y precisa. Durante el tratamiento, el paciente puede leer, mirar televisión o dormir y la iluminación y los controles deben adaptarse a estas diversas tareas.

27.2.17 OÍDO, NARIZ Y LARINGE (ENT)

La iluminación arquitectónica para las clínicas de otorrinolaringología debe adaptarse a los diversos procedimientos de prueba, muchos de los cuales implican retroiluminación, imágenes proyectadas e iluminación integral con el equipo de prueba. Se puede utilizar un inventario de estos procedimientos y su uso de luz para establecer qué habitaciones o suites requieren iluminación arquitectónica regulable.

27.2.18 SERVICIO DE COMIDAS

La iluminación del servicio de comidas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

27.2.19 TIENDA DE REGALOS

La iluminación minorista se analiza en 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA MINORISTA.

27.2.20 TI

La iluminación para instalaciones de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

27.2.21 CUIDADOS INTENSIVOS

El estado físico de los pacientes es de suma importancia y la iluminación debe abordar tareas como el examen, los procedimientos de emergencia, la observación y la comodidad. Sin embargo, el bienestar del paciente también se puede adaptar prestando atención a los controles, el deslumbramiento y la iluminación del área adyacente. Los controles se deben utilizar para agregar o quitar luz de manera incremental para las tareas respectivas. Por ejemplo, la iluminación para observación se puede lograr cómodamente con una luminaria montada en la pared principal que exhibe un componente indirecto que se conmuta por separado de un componente directo. La observación a distancia se realiza con sólo el componente indirecto energizado. La observación de cerca se realiza con los componentes indirecto y directo energizados (como se ilustra en la Figura 27.3). El componente directo también puede proporcionar luz de lectura y visita para pacientes conscientes.

27.2.22 LABORATORIOS

Los laboratorios se encuentran típicamente en todo centro de atención médica. Algunos laboratorios están dedicados a la investigación, mientras que la mayoría están dedicados a diagnósticos y tratamientos. Los criterios de iluminancia predeterminados se citan en la Tabla 27.2 en LABORATORIOS para aquellos laboratorios que no se identifican específicamente como parte de otras aplicaciones de atención médica. Cuando los bancos de laboratorio están equipados con almacenamiento superior o estanterías, es común y típicamente más eficiente colocar iluminación de tareas debajo de los estantes. El control de estas luces de tareas debe deliberarse para equilibrar el uso de energía versus la función. Los sensores de ocupación, la conmutación o atenuación grupal, la conmutación o atenuación individual o alguna combinación de ellas son todas opciones. La disposición del espacio y de los bancos de laboratorio y la configuración de las tareas de laboratorio deben influir en el diseño de los controles.

27.2.23 LAVANDERÍA

La lavandería es típicamente un departamento o edificio independiente y es la recolección, limpieza, planchado, empaque y distribución central de la ropa blanca. Para fines de conveniencia de mantenimiento y donde estos espacios lindan con áreas ocupadas, los tipos de lámparas y calidades de color deben coincidir con los utilizados en otras partes de la instalación en diseño.

27.2.24 BIBLIOTECA

La iluminación para bibliotecas se analiza en 29 | ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS.

27.2.25 ROPA BLANCA

La ropa blanca se maneja en condiciones sucias y limpias en toda la instalación o campus. Para fines de conveniencia de mantenimiento y donde estos espacios lindan con áreas ocupadas, los tipos de lámparas y calidades de color deben coincidir con los utilizados en otras partes de la instalación respecto al diseño.



Figura 27.3 | Observación

Dos luminarias con varias combinaciones de interruptores o reguladores de intensidad proporcionan una iluminancia suficiente y efectos de iluminación apropiados para varias tareas. La observación del paciente por parte de los cuidadores puede realizarse con la luminaria de pared superior en modo directo, indirecto o combinado. Para pacientes conscientes, la luminaria de pared superior ofrece luz indirecta para el descanso despierto, luz directa para la lectura o combinación para las visitas, por ejemplo. Aquí se utiliza una luminaria arquitectónicamente dimensional directa empotrada en el cielorraso para el examen. Con variaciones en la iluminación, conmutación o atenuación, esta disposición puede satisfacer las necesidades de cuidados intensivos, habitaciones de pacientes y recuperación. Dependiendo de las opciones ópticas y la iluminación, la luminaria arquitectónicamente dimensional directa puede no ser menos deslumbrante que las luminarias con lentes directas convencionales cuando todas las lámparas están energizadas. Sin embargo, las luminarias arquitectónicamente dimensionales permiten la conmutación de múltiples lámparas sin rayas obvias de la lámpara. Además, en el modo de una o dos lámparas, las versiones arquitectónicamente dimensionales suelen ser menos deslumbrantes que sus contrapartes con lentes convencionales. Los acabados antimicrobianos y las cubiertas antipolvo son importantes para todas las luminarias que se utilizan en estas situaciones. Esto puede limitar las opciones en luminarias arquitectónicamente dimensionales.

» Imagen ©Helen King/Corbis

27.2.26 MEDICACIÓN

La iluminación donde se dispensan y almacenan medicamentos debe facilitar una evaluación oportuna y precisa. Dado que la discriminación de colores es importante, se recomiendan lámparas que presenten CRI ≧85.

27.2.27 MORGUE

La iluminación en las salas de autopsia es similar a la que se encuentra en los quirófanos de las suites quirúrgicas. Sin embargo, las iluminancias de las luminarias de procedimientos pueden ser algo menores ya que la velocidad y la precisión no son tan urgentes.

27.2.28 MEDICINA NUCLEAR

La iluminación en los espacios de procedimientos debe adaptarse a dos usos distintos:

1) preparación y limpieza; y

2) procedimientos de pacientes.

La iluminación para procedimientos de pacientes debe ser regulable y proporcionar una condición relajante, sin deslumbramiento. Donde los pacientes probablemente pasarán tiempo boca arriba, generalmente se introducen en el cielorraso paneles de arte o fotomurales retroiluminados como una técnica relajante. Este es un enfoque eficaz en cualquier espacio de diagnóstico o tratamiento donde las iluminancias bajas sean apropiadas durante el procedimiento. Consulte la Figura 27.4. Los equipos de iluminación que se encuentran cerca de los equipos médicos que producen radiación en medicina nuclear generalmente deben estar hechos de componentes no ferrosos y funcionar con corriente continua protegida. Consulte el programa de diseño del proyecto, el equipo de diseño y las especificaciones del equipo de escaneo para determinar o confirmar estas y otras limitaciones que afecten a las luminarias y los controles de iluminación. Hay luminarias LED y controladores remotos disponibles que cumplen con estos requisitos. Las cabinas o áreas de control se utilizan con frecuencia durante los diagnósticos y la radiación del tratamiento. La iluminación en las cabinas de control debe atenuarse de forma independiente de la iluminación en la sala de tratamiento del paciente.

27.2.29 ESTACIONES DE ENFERMERÍA

Las tareas en las estaciones de enfermería implican papeleo escrito e impreso, pantallas de computadora y conversación las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Si la programación identifica otras tareas o tareas que no se consideran típicas basadas en papel y computadora, consulte LECTURA Y ESCRITURA en la Tabla 22.2. En el lugar de trabajo real, la iluminación debe ser constante día y noche. Esto se puede lograr mejor con iluminación de trabajo integrada en el escritorio. Alternativamente, una disposición localizada de equipo integrado en el cielorraso podría satisfacer la necesidad de iluminación de trabajo, pero la distribución de la luz de tal enfoque no debe crear deslumbramiento o brillo molesto en la noche que sea molesto para los pacientes en las habitaciones cercanas. La iluminación de circulación general en las proximidades de la estación debe ciclar automáticamente de día (iluminación más alta) a noche (iluminación más baja). Esta transición de día a noche es más dramática en las áreas de camas de pacientes típicas y menos en las áreas de emergencia y cuidados intensivos. En las áreas de camas de pacientes, los pacientes están conscientes y bajo observación periódica. El ciclo nocturno es un aspecto importante de la normalidad. En las áreas de emergencia y cuidados intensivos, los pacientes pueden estar inconscientes y es más probable que estén bajo observación continua o frecuente para cambios en la condición que cambien la vida, y que no la pongan en peligro. Consulte la Figura 27.5.



FIGURA 27.4 | TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA POR EMISIÓN DE FOTÓN ÚNICO (SPECT)

Como técnica de distracción y relajación, se colocan fotomurales retroiluminados con LED sobre la camilla de exploración en lugares donde los pacientes tienen líneas de visión durante los procedimientos. Cuando la profundidad del cielorraso lo permite, los pozos profundos en regresión en los paneles retroiluminados pueden aludir aún más a un efecto de tragaluz. Con la llegada de paquetes ópticos y de lúmenes útiles de los LED, la iluminación de tareas debajo del gabinete, la iluminación superior para preparación y limpieza y la iluminación descendente regulable pueden cumplir de manera más conveniente con los estrictos requisitos para los equipos de iluminación en las proximidades de los equipos de radiación médica.

» Imagen ©Frank Siteman/Science Faction/Corbis

27.2.30 OBSTETRICIA

Es probable que los pacientes estén en posición supina durante largos períodos de tiempo. La comodidad visual se logra con iluminación indirecta o directa de bajo deslumbramiento sin lámparas visibles. Muchas instalaciones ofrecen salas de parto donde la iluminación es más hogareña y generalmente se logra con apliques de pared, molduras y ranuras de pared o técnicas de bañado de paredes. La iluminación del procedimiento se disfraza en huecos del cielorraso o incluso en ascensores que se despliegan sólo cuando es necesario. Los controles abordan las diversas situaciones. Por ejemplo, la iluminación localizada en una silla informal se enciende de forma independiente para el uso nocturno de los visitantes para limitar las molestias al paciente. Las salas de parto han evolucionado a entornos menos duros, pero pueden conservar las luminarias articuladas más obvias para procedimientos montadas en el cielorraso.

27.2.31 ONCOLOGÍA

Durante la preparación del paciente, la iluminación debe adaptarse a la configuración de la terapia intravenosa. Sin embargo, durante el procedimiento de tratamiento, el paciente debe estar lo más cómodo posible dentro de los confines del entorno médico. La iluminación regulable es adecuada durante el tratamiento para adaptarse a una variedad de tareas del paciente, desde leer hasta descansar y dormir, así como para la observación intermitente del cuidador.

27.2.32 ESTACIONAMIENTO

La iluminación para las instalaciones de estacionamiento se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Las instalaciones de estacionamiento son la primera y la última experiencia de los pacientes y visitantes. A diferencia del estacionamiento en el trabajo o en aplicaciones minoristas donde el uso frecuente produce una menor ansiedad, las instalaciones de atención médica son utilizadas con poca frecuencia por muchos pacientes y visitantes. La iluminación debe proporcionar una apariencia relativamente brillante y uniformemente iluminada con poco deslumbramiento para ayudar a una navegación cómoda en las instalaciones de estacionamiento. Los cielorrasos y paredes pintados de los LRV de ≧65% mejoran en gran medida la apariencia y la eficiencia del sistema de iluminación.

27.2.33 SERVICIOS AL PACIENTE

Aunque se citan una gran cantidad de tareas, la habitación del paciente es de gran interés. La experiencia del paciente mejora si la iluminación se planifica y controla para adaptarse a varias tareas de una manera eficiente y cómoda. Si bien las luminarias de 2x4 ubicadas estratégicamente sobre la cama podrían encenderse y apagarse para cumplir con los diversos criterios de iluminación en una habitación de paciente, este enfoque es bastante duro, institucional y simplemente deshumanizante. La iluminación para el examen y la observación periódicos se puede proporcionar de manera efectiva desde luminarias empotradas en el cielorraso. Por ejemplo, las luminarias de 2x2 o circulares con lentes microprismáticas o de ópalo de regresión profunda presentan una escala menos intimidante y se asemejan a la apariencia de tragaluces poco profundos. Como mínimo, estas luces deben exhibir un control conmutado de 3 niveles, pero preferiblemente que puedan ser atenuadas. "Esto aborda diversos grados de examen y observación según lo determinen los cuidadores necesarios para la condición del paciente. Es posible que sea necesario organizar las luminarias empotradas en el cielorraso alrededor de un sistema de elevación de pacientes que tenga una ubicación que no se pueda minimizar.

La iluminación para leer en las camas puede adoptar diversas formas, aunque las opciones de montaje en pared y cielorraso son las preferidas desde una perspectiva de limpieza y control de gérmenes. Las luminarias montadas en la pared pueden ofrecer múltiples niveles de iluminación para el uso del paciente. Una configuración de solo luz descendente proporciona luz para leer. La configuración de solo luz ascendente proporciona luz para usar la computadora, el asistente digital personal, el teléfono inteligente o el lector electrónico, ver televisión o escuchar música. La combinación de luz descendente y luz ascendente se puede utilizar durante las visitas o para tareas de lectura y escritura más intensivas. Consulte la Figura 27.3.

El equipo de diseño debe tener cuidado de hacer los esfuerzos necesarios para adaptar el ciclo de sueño sin luz entre los controles del estado del cuidador y los ciclos de medicación. Las luces de noche son adecuadas para ayudar con la circulación hacia el baño durante la noche o para ayudar a la circulación del cuidador. Una o varias luces de paso integradas arquitectónicamente y ubicadas estratégicamente pueden cumplir esta función. Para limitar las perturbaciones del sueño, estas deben estar conectadas a sensores de ocupación en temporizadores o fotocélulas. Para limitar mejor las perturbaciones del ritmo circadiano durante el ciclo de sueño, son adecuadas las fuentes de longitud de onda larga, como los LED, que producen espectros entre 600 y 620 nm. Sin embargo, no debe haber una vista directa de la fuente o del medio óptico y las iluminancias deben ser muy bajas.







Figura 27.5 | Puestos de enfermería La iluminación en el puesto de enfermería y en las inmediaciones de este depende del entorno de atención. Las dos imágenes superiores ilustran situaciones en las que los pacientes se encuentran bajo observación y examen frecuentes dada la gravedad temporal de sus afecciones. La iluminación directa general ilumina el puesto en la foto superior sin iluminación de trabajo integrada. En estas situaciones, la iluminación superior no se puede atenuar mucho, si es que se puede, durante el funcionamiento nocturno sin comprometer los criterios de iluminación en la superficie de escritura. En la imagen del medio, una luminaria colgante indirecta lineal proporciona algo de luz al puesto de enfermería. La iluminación indirecta es menos dura que la iluminación directa. Por la noche, se puede atenuar si se integra iluminación de trabajo en el puesto de enfermería para la elaboración de gráficos. En un puesto de enfermería en un pasillo típico de una habitación de pacientes, imagen inferior, una cornisa en el puesto de enfermería limita el brillo al puesto y se puede atenuar por la noche si se integra iluminación de trabajo en el puesto. » Imagen superior ©Helen King/Corbis » Imagen central ©ERproductions Ltd/Blend Images/Corbis

» Imagen inferior ©Tim Griffith

Las estaciones de cuidado cerca de la entrada de la habitación pueden ser problemáticas ya que generalmente están en la línea de visión del paciente. La iluminación excesiva o el uso de equipos deslumbrantes molestarán al paciente. Los controles deben estar bien planificados para evitar secuencias de encendido-apagado-atenuación perturbadoras y para minimizar la sobrecarga del paciente o el cuidador. El acceso del paciente a varias escenas de iluminación se logra típicamente a través del panel de control del paciente utilizado para el ajuste de la cama y las llamadas de enfermeras. Las estaciones de control de la puerta o del lado de la cama se utilizan típicamente para controlar la iluminación del examen, la iluminación de observación, la iluminación de la estación del cuidador y la iluminación del visitante, aunque las opciones y la cantidad de puntos de control deben limitarse al mínimo.

27.2.34 VÍAS PEATONALES

La iluminación de las vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

27.2.35 FARMACIAS

La iluminación donde se dispensan y almacenan medicamentos debe facilitar una evaluación oportuna y precisa. Dado que la discriminación de colores es importante, se recomiendan lámparas que presenten CRI ≧85.

27.2.36 RADIOLOGÍA

El equipo de iluminación en proximidad a equipos médicos que producen radiación debe estar hecho de componentes no ferrosos. Consulte el programa de diseño del proyecto, el equipo de diseño y las especificaciones del equipo de escaneo para determinar o confirmar estas y otras limitaciones que afecten a las luminarias y los controles de iluminación. Las cabinas o áreas de control se utilizan con frecuencia durante los diagnósticos y la radiación del tratamiento. La iluminación en las cabinas de control debe atenuarse de forma independiente de la iluminación en la sala de tratamiento del paciente. En los lugares donde es probable que los pacientes pasen tiempo boca arriba o sentados, generalmente se introducen paneles de arte o fotomurales retroiluminados en el cielorraso o las paredes como una técnica relajante.

27.2.37 VENTA MINORISTA

La iluminación minorista se analiza en 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA MINORISTA.

27.2.38 TALLERES

Los talleres industriales son comunes en los grandes centros de atención médica. Están iluminados para abordar una gran variedad de proyectos de reparación, mantenimiento , construcción pequeña , electricidad, mecánica y carpintería.

27.2.39 SPAS

La iluminación para spas se analiza en 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO.

27.2.40 PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN ESTÉRIL (SPD)

Las instalaciones de atención médica mantienen estrictos procedimientos de esterilización que involucran la recolección, esterilización y distribución de instrumentos y dispositivos utilizados en procedimientos médicos. Se citan criterios de iluminación para las diversas tareas involucradas.

27.2.41 ESPACIOS DE APOYO

Muchos de estos espacios están en la parte trasera de la casa y se explican por sí solos. Para fines de conveniencia de mantenimiento y donde estos espacios lindan con áreas ocupadas, los tipos de lámparas y calidades de color deben coincidir con los utilizados en otras partes de la instalación bajo diseño.

27.2.42 SUITES QUIRÚRGICAS

La iluminación debe adaptarse al trabajo eficiente y preciso y se trata principalmente de las necesidades visuales del personal de la sala de operaciones (OR) en lugar de la comodidad del paciente. Para adaptarse a las diferentes condiciones de visualización en los quirófanos para el personal quirúrgico, se recomienda la conmutación de múltiples niveles, si no la atenuación. La atenuación es mejor donde las cirugías se basan en técnicas de visualización de video. La calidad del color es fundamental en los quirófanos y se recomiendan lámparas con CCT de 5000 K y CRI ≧85 para todas o la mayoría de las lámparas. Para procedimientos mínimamente invasivos, se disponen monitores para que los cirujanos puedan ver directamente el procedimiento mediante video. Las tareas de visualización de video se adaptan mejor con una iluminación general de la sala de bajo nivel o una iluminación de fondo de pared. Algunos cirujanos prefieren que esta iluminación de fondo de bajo nivel se genere con lámparas verdes aprox. de (550 nm). Esto se puede adaptar si algunas lámparas en luminarias de múltiples lámparas son verdes y se colocan en zonas de control independientes. La necesidad de lámparas verdes se debe determinar durante la fase de programación. Dado que muchos quirófanos deben ser flexibles para adaptarse a una variedad de equipos quirúrgicos y a los procedimientos de visualización de video, así como a los procedimientos tradicionales de visualización directa, la atenuación de la iluminación arquitectónica es adecuada. La coordinación de la cantidad de zonas de control para la iluminación arquitectónica para lograr un control flexible de la conmutación y la atenuación y abordar la energía normal, la energía de emergencia y los circuitos de respaldo de batería debe realizarse con el ingeniero eléctrico cuando el diseñador de la iluminación no es el ingeniero eléctrico, es necesario especificar adecuadamente las luminarias. Consulte la Figura 27.6.

Los cielorrasos de quirófano están llenos de equipos como sensores, difusores de aire, conexiones de servicios públicos, dispositivos de extinción de incendios y luminarias quirúrgicas. Las luminarias de iluminación arquitectónica deben colocarse junto con este equipo y, por lo general, son variedades con lentes de 1x4 o 2x4 para lograr una distribución general de la luz y una integración del diseño eficientes.

Además de la iluminación integrada arquitectónicamente, se han colocado en el cielorraso varias lámparas quirúrgicas, cada una de ellas capaz de producir más de 25.000 lx, para adaptarse a casi cualquier situación de puntería y limitar las sombras de los cirujanos. Las lámparas quirúrgicas LED ofrecen selecciones de CCT opcionales para adaptarse mejor a las preferencias de los cirujanos. Consulte la imagen central de la Figura 27.6. Algunas incluyen cámaras integradas opcionales. Los LED pueden reducir las sombras en comparación con sus contrapartes halógenas y presentan una energía radiante y una temperatura del haz reducidas. La selección de las lámparas quirúrgicas y sus especificaciones debe coordinarse con el consultor de equipos médicos, si no es que este lo hace.

En las salas o áreas de recuperación, la iluminación debe permitir el examen localizado, la observación y el descanso del paciente. Se necesitan controles independientes o atenuación para lograr los diversos criterios de iluminancia. Se debe prestar cierta atención al deslumbramiento y al control óptico del equipo para la comodidad del paciente.







FIGURA 27.6 | QUIRÓFANOS

La visualización por video es común para cirugía mínimamente invasiva. La imagen superior ilustra una iluminación de fondo verde de bajo nivel (~550 nm). Para la cirugía de visualización directa, todas las lámparas, la mayoría de las cuales son de luz blanca, están energizadas en el equipo de iluminación arquitectónica (no a la vista).

En la imagen del medio, la visualización por video está adaptada con luz blanca de fondo de bajo nivel. Aquí, las luminarias quirúrgicas son LED.

En la imagen inferior, toda la iluminación está energizada para la cirugía tradicional de visualización directa.

» Imagen superior ©Robb Kendrick/Aurora/Getty Images

» Imagen del medio ©Thomas M. Barwick INC/The Image Bank/Getty Images

» Imagen inferior ©Fabio Cardoso/Flame/Corbis

27.2.43 TERAPIA

La iluminación para tareas de terapia debe permitir a los cuidadores evaluar las condiciones y el progreso de los pacientes. Las iluminancias verticales a la altura de la cara son importantes y tienen prioridad sobre la comodidad visual del paciente. Aunque no es un requisito, los CRI de la lámpara ≥85 mejorarán la autoestima del paciente.

27.2.44 ASEOS/VESTUARIOS

La iluminación de los aseos y vestuarios debe cumplir con los requisitos funcionales de los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 27.2. Abordar el artefacto de plomería proporcionará suficiente luz donde sea necesario sin iluminar demasiado todo el baño. Los tocadores son más problemáticos cuando se diseña poca o ninguna iluminancia vertical para iluminar un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros) frente al espejo. La iluminancia vertical sobre los rostros de los casilleros ayudará con el uso de los casilleros.

27.2.45 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La mayoría de estos espacios se explican por sí solos, pero varios merecen discusión. Los ascensores de carga y de pasajeros para visitantes/personal están iluminados para servicios básicos. Los ascensores para pacientes que implican la transferencia de pacientes del modo de circulación horizontal al modo de circulación vertical con sueros intravenosos, monitores y otros equipos posibles atados están iluminados para la observación básica por parte de los cuidadores durante el proceso de transferencia y transporte. Dado que es probable que los pacientes estén boca arriba en las camillas, se justifica la atención a la comodidad visual. Los vestíbulos y las salas de espera deben estar iluminados a niveles generales de fondo para la circulación y los asientos para conversar. Donde se programe la lectura o la recepción o el control de seguridad, estos deben estar iluminados en consecuencia. Los salones deben estar iluminados a niveles y efectos que evoquen entornos de sala de estar o sala familiar y propicios para la conversación, la visualización de televisión, juegos analógicos o digitales y la lectura según lo requiera la programación. Consulte la Figura 27.7. Las escaleras se iluminan según los niveles de actividad previstos. Los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y los requisitos y el diseño de los mismos deben coordinarse entre el equipo de diseño.



FIGURA 27.7 | SALAS DE ESTAR Se utilizan técnicas de iluminación ambiental de iluminación descendente e iluminación de cornisa para proporcionar iluminaciones generales de fondo. Las luminancias introducidas desde la cornisa ayudan a que el área se sienta luminosa. Las obras de arte que acentúan el espacio (fondo a la izquierda) y la fuente de agua potable y los nichos para teléfonos (a la izquierda) proporcionan luz en esas funciones e introducen luminancias periféricas que contribuyen a las sensaciones de preferencia y relajación (consulte la Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas).

» Imagen www.jmaconochie.com

27.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 27.2.

27.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 27.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Esto es especialmente probable en situaciones de atención médica donde las tecnologías, los diagnósticos y los tratamientos se actualizan constantemente, si es que no se reinventan. Es apropiado hacer referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias de denominación o las convenciones para los tipos de espacios o funciones cambian para adaptarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 27.2 para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Un recurso adicional en situaciones de atención médica son los proveedores de equipos médicos que normalmente tienen experiencia con su producto en varios entornos y pueden estar familiarizados, en lo específico con los criterios de iluminación. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

27.3.2 NOTAS

Las notas de la Tabla 27.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

27.3.3 RECOMENDACIÓNES DE LOS OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y los otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza en grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios.

Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, en los que se puede prometer una vida útil extraordinariamente larga, pero normalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lúmenes que esté certificada por el proveedor del LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de los Lúmenes.

Los objetivos citados son de consenso y recomendados para la respectiva actividad funcional. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 27.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, típicamente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano horizontal para la inserción de la aguja durante el tratamiento de diálisis, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las proximidades o por cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

27.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y el objetivo de iluminancia determinado en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo planar típico de una tarea se debe aplicar a un plano diferente.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (Eh) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En algunas aplicaciones, como las situaciones de sillón de cirugía oral, las iluminancias de plano horizontal y vertical abordan una variedad de posiciones de sillón de paciente y posiciones de visualización de cuidador con iluminación arquitectónica para establecer el fondo contra el cual la luminaria de cirugía articulada ilumina la cavidad oral.

Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en "Notas". Por ejemplo, para PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO/Electroencefalografía/Lectura del médico/Monitor electrónico, las iluminancias horizontales se aplican al plano de la superficie de trabajo a 2' 6" AFF mientras que las iluminancias verticales se aplican al plano del monitor de pantalla a 3' 6" AFF. Esto se adapta a cierto grado de toma de notas y lectura mientras también se analiza la imagen digital. Aunque la naturaleza de la iluminación arquitectónica en muchas de estas situaciones es tal que la iluminancia objetivo se cumplirá coincidentemente en elevaciones de superficie de trabajo de 3' o 3' 6" para bancos altos para sentarse o bancos para estar de pie respectivamente y en pantallas de computadora a 4' AFF o 4' 6" respectivamente, el diseñador puede optar por establecer la elevación de criterios para una condición específica como lo podrían describir los planes de diseño. Es necesario establecer y rastrear las orientaciones y elevaciones de las tareas y

abordar la iluminancia horizontal y vertical. Si las orientaciones en el proyecto en consideración están programadas para invertirse con respecto a lo que podría considerarse una visión normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales pueden estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación. Por ejemplo, en un salón en una mesa de juego (ÁREAS DE ACTIVIDAD/Juegos/Juegos Analógicos/Juegos de Mesa Competitivos), la cantidad y la orientación de los puntos planos verticales evaluados dependen del tamaño de la mesa involucrada o el área de múltiples mesas, y el número probable de jugadores. Para la mayoría de estas situaciones, un diseño universal es apropiado y, por lo tanto, al menos cuatro planos verticales son de interés. Uno en cada una de las cuatro direcciones cardinales del plano sobre el área prevista de mesas de juego.

27.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el cliente. Se puede determinar que los criterios de iluminancia para un grupo de edad diferente al que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede resultar en iluminación excesiva, iluminación insuficiente, iluminación dura, disgusto visual o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En situaciones de atención médica, es importante asignar tareas cuidadosamente a los observadores y luego establecer las edades visuales. Por ejemplo, en una habitación de un paciente, el examen la iluminación es para el beneficio visual de los cuidadores. Como tal, se deben establecer las edades visuales de más de la mitad de los cuidadores que probablemente usen la iluminación de examen. Sin embargo, la iluminación para leer y ver televisión es para el beneficio visual del paciente. Como tal, se deben establecer las edades visuales de más de la mitad de los pacientes que probablemente usen la iluminación para leer y ver televisión. Para algunos proyectos, puede ser sencillo determinar las edades de los pacientes. En otros proyectos, esto puede ser poco práctico o imposible. El diseñador debe considerar las implicaciones de seleccionar el grupo de edad incorrecto.

27.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Estas se muestran en la Tabla 27.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

27.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los medidores presuponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y que los criterios de uniformidad se controlan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el medidor de cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande. En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier

desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de Resultados Calculados.

27.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar molestias visuales, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, en particular aquellas con respecto a iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea citada primaria. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente sea la tarea visual, más ajustada será la relación.

27.3.4.1 MÁXIMA A MEDIA

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia media encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se suele atribuir a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

27.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

27.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

27.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas donde la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas del día. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y

15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

27.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como algunas consolas de videojuegos y monitores de visualización, que pueden estar en diferentes planos, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones/tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un icono de "luz reflejada": blanco y negro indica alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; gris pálido y blanco indica cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos que producen velo se minimizan controlando la cantidad y la dirección totales de la luz natural con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos que producen velo se pueden apantallar o aislar. El uso de iluminación eléctrica indirecta, suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de las tareas y las luminarias y los patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas puede resultar eficaz.

27.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “la tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas. En algunas situaciones, como el acentuado, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar una “pared característica” o un “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tareas y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tareas cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 27.2.

Otra área de cobertura es la “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones/tareas. El área designada se establece típicamente por la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas de área de cobertura en la Tabla 27.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “la tarea propiamente dicha o área de tarea” resultaría en cierta medida, la reducción de la LPD en comparación con la cobertura de una “sala o área designada”. Si la tarea se puede limitar a un área en lugar de a varias áreas, si la sala o área en la que se ubica la tarea es relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

27.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para instalaciones de atención médica y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y los balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es

imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción, circulación y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• utilizar acentos para proporcionar un equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• utilizar controles de forma liberal, preferiblemente variedades automatizadas como ajustes preestablecidos, sensores de ocupación y desocupación, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer los criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan exactamente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• utilizar cálculos, representaciones fotométricamente realistas, muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• Identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• Documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• Documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la disposición posterior por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• Documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

El diseño para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la Tierra se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto o cuánto valor de ingeniería se ahorró, ni las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias del listado de IES más abajo, para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

Recursos Económicos de lESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• *para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor*

> 18 | ECONOMÍA

• para más información sobre la estimación de costos

• para más información sobre los costos del ciclo de vida

• para más información sobre las amortizaciones y las tasas de retorno

IESH/10e Recursos de Eficiencia Energética

> 17.2 Nueva Construcción

• para más información sobre el diseño para la iluminación natural

• para más información sobre los equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre los controles de iluminación

> 17.4 Códigos, Regulaciones y Estándares de Iluminación

• para más información sobre los estándares de aplicación

• para más información sobre las regulaciones de los equipos

IESH/10e Recursos de Iluminación Exterior

> 12.5.5.6 Iluminancias Exteriores Nocturnas

• para más información sobre las eficacias de las lámparas bajo adaptación mesópica

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre los criterios

IESH/10e Recursos de Sustentabilidad

> 13.11 Sustentabilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre controles

• para más información sobre recursos de la Tierra

• para más información sobre energía

• para más información sobre análisis del ciclo de vida

• para más información sobre diseño de iluminación

• para más información sobre reciclaje

REFERENCIAS

[1] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. 2008. Table E5A. In: Electricity Consumption (kWh) by End Use for All Buildings, 2003 [Internet]. DOE. [cited December 2008]. Available from: http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html#enduse03.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. Ch 16.

[3] [IESNA] Illuminating Engineering Society. 2006. Recommended Practice for Lighting for Hospitals and Health Care Facilities. IESNA RP-29-06. New York: IESNA.

[4] [DOD] US Department of Defense. 2007. Department of Defense interface standard: Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment, MIL-STD-461F [Internet]. DOD. [cited April 4, 2011]. Available from: http://www.assistdocs.com/search/document_details.cfm?ident_number=35789&StartRow=1&PaginatorPageNumber=1&doc%5Fid=461F&title=ELECTROMAGNETIC%20INTERFERENCE&status%5Fall=ON&search%5Fmethod=BASIC


©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

28 I ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA Y ENTRETENIMIENTO

Una habitación es como un escenario. Si la ves sin luz, puede ser el lugar más frío del mundo.

Paul Lynde, actor estadounidense del siglo XX.

CONTENIDO

La iluminación en casi cualquier aplicación tiene tanto que ver con la estética como con el análisis. En las instalaciones de hostelería y entretenimiento, la estética es la prioridad. Aunque las consecuencias de un fallo en el análisis son importantes, la estética del equipo de iluminación y los efectos de iluminación deben seguir siendo lo más importante. En este capítulo se describen los criterios de iluminación para casinos, salas de exposiciones, gimnasios, hoteles, restaurantes, spas y teatros. La iluminación eléctrica representa aproximadamente el 36% de la electricidad utilizada en las industrias de servicios de comida y alojamiento (ver Figura 28.1) [1]. Por lo tanto, la iluminación eficiente y su aplicación cuidadosa son de vital importancia. A continuación, se presenta un análisis de los aspectos clave que afectan a la iluminación: estado del proyecto; tipos de espacios; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia en instalaciones de hospitalidad y entretenimiento.

Para que el diseño sea completo, es necesario recurrir de forma significativa al material de los capítulos 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. El diseñador debe tener un conocimiento profundo de los principios de diseño que se describen en esos capítulos, debe identificar los que se consideren apropiados y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los aspectos específicos de la iluminación relacionados con las instalaciones de hostelería y entretenimiento que deberían influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (consulte 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con IES sirven como fuentes de archivo y referencia [2] [3]. Se debe aplicar un pensamiento deliberado al problema de iluminación y su solución. Por ejemplo, para el área de reuniones informales en el centro de

negocios de un hotel, los criterios de iluminación se basan en la actividad social común y la visualización de tareas grandes o de alto contraste. La uniformidad promedio a mínima (prom.:min) es de 2 a 1 (2:1) y la iluminancia está destinada a ser promedio en la sala o área de reuniones informales designada. Aunque los criterios de iluminancia vertical, destinados a la aplicación a la altura de la cara sentada, se pueden lograr con dos luminarias empotradas en el cielorraso de gran escala de 2'x4', esa solución crearía un entorno institucional incómodo y estéril, por no hablar de un entorno de hospitalidad viable. Aquí, una serie de luminarias empotradas en el cielorraso estrechas, discretas y lineales y un acento artístico para un diseño moderno o una luminaria colgante decorativa, pero eficiente y funcional, más algunos acentos artísticos o apliques o bañado de pared en una o dos paredes para un diseño tradicional son dignos. Tal integración estética con el tipo de espacio y las funciones puede contribuir, en parte, a un mayor uso, negocios repetidos y, en última instancia, más ingresos. No se enumeran detalles específicos como estos para las aplicaciones y tareas. La Tabla 28.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios IES y reemplazarlos. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

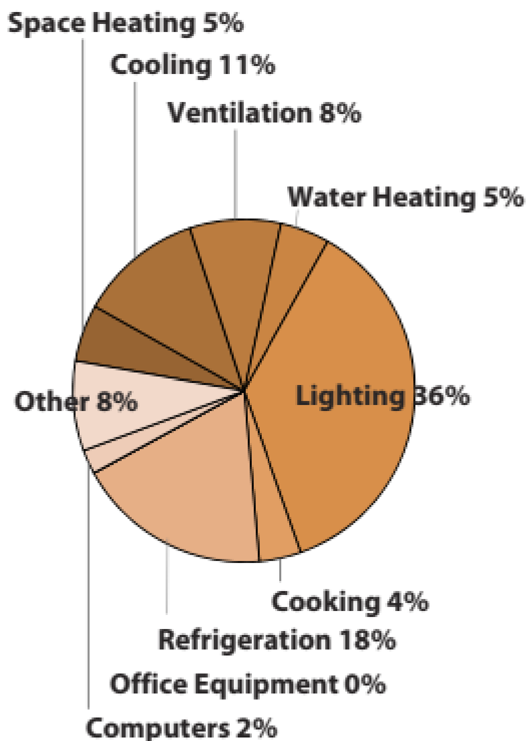


FIGURA 28.1 | USO DE ELECTRICIDAD EN EDIFICIOS DE SERVICIOS DE COMIDA Y ALOJAMIENTO

Según datos de 2003 de la Administración de Información Energética del Departamento de Energía de los EE. UU., la iluminación representa el 36% del uso de electricidad en los edificios de servicios de comida y alojamiento (el uso de electricidad para equipos de oficina ronda el 0%). Estos edificios representan el 13% del uso de electricidad de todos los edificios comerciales e institucionales.

Tabla 28.1 | Lista de verificación de Iluminación para la Hostelería y el Entretenimiento

Tópicos

✔ Recursos de Criterio y Diseño

Acentuación
- 15.1.1.3 **Iluminación de Acento**
- Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas
- **Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento**
- Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes

Apariencia
- 12.2 **Factores Espaciales**

Color
- 12.5.6 **Consideraciones de Color**

Controles
- 16 | **CONTROLES DE ILUMINACIÓN**

Luz Diurna
- 14 | **DISEÑO CON LUZ DIURNA**

Luz Eléctrica
- 15 | **DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA**

Parpadeo
- 4.6 **Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal**

Deslumbramiento
- 4.10.1 **Deslumbramiento Incómodo**
- 4.10.2 **Deslumbramiento Incapacitante**

Iluminancia
- **Este Capítulo: Cuadro 28.2**
- 12.5.1 Aplicaciones y Tareas
- Tabla 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada
- Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea

Distribución Luminosa
- 12.3.2 Impresiones Subjetivas

Luminancias
- 12.5.2 Luminancia
- 12.5 | Recomendaciones de Relación de Luminancia Predeterminada

Mantenimiento
- 15.4.4 **Instalación y Mantenimiento**

Entorno Exterior Nocturno
- Tabla 15.6 / Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto del Medio Ambiente Exterior

Integración de Sistemas
- 12.6 **Factores de Sistemas**

Reflexiones tipo Velo
- **Este Capítulo: Sección 28.3.6**
- 12.5.4 **Relexiones tipo Velo**

Tareas Visuales
- **Este Capítulo: Sección 28.2**
- **Este Capítulo: Cuadro 28.2**
- **11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos**
- 12.5.1 **Tareas Visuales**
- **Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales**

28.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto antes de comenzar el trabajo de diseño. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la iluminación natural puede ser la fuente de luz principal. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

28.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios de hospitalidad y entretenimiento que se están considerando y los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del inventario y ejemplos específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de los tipos de espacios se requieren al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo de la iluminación, la potencia y el cumplimiento de la energía. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones de Hospitalidad y Entretenimiento deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminación recomendados. Solicite una aclaración al cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de las salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 28.2.

La siguiente discusión está relacionada con los principales encabezados de aplicaciones de la Tabla 28.2. Combine esto con los temas de la Tabla 28.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

28.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta la percepción de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la señalización. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación de Acento.

A diferencia de muchas otras aplicaciones, las instalaciones de hospitalidad y entretenimiento pueden estar muy señalizadas. La señalización puede estar iluminada internamente, acentuada o iluminada por la luz general de un espacio o área. La cantidad de señalización, las jerarquías y prioridades de si se ilumina la señalización y cómo, y la ubicación, el tamaño y el contraste inherente deben ser parte de la programación. Es necesaria la coordinación con los consultores de señalización o gráficos y otros miembros del equipo.

28.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación para áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de la tarea variarán según la instalación de hospitalidad o entretenimiento asociada

y la clientela. Estos detalles deben afectar el diseño de iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias.

Las áreas administrativas generalmente se consolidan en una instalación de hospitalidad o entretenimiento o campus en una sola área, ala o edificio. Varios aspectos pueden afectar el grado en que el diseño de iluminación en el área administrativa es compatible o diferente del de las otras aplicaciones y tareas en la instalación de hospitalidad o entretenimiento en cuestión:

• Deseos del cliente y deseos arquitectónicos

• Grado en el que la clientela o los clientes potenciales visitan las operaciones administrativas

• Visión entre las áreas administrativas y las áreas de hospitalidad o entretenimiento

• Estilo de gestión e inmersión en las funciones de hospitalidad o entretenimiento

28.2.3 SALONES DE BAILE

Los salones de baile se caracterizan por su tamaño y flexibilidad de uso. Los salones de baile suelen ser configurables desde un espacio muy grande hasta múltiples espacios más pequeños. La iluminación y los controles deben estar dispuestos para abordar los diversos tamaños y configuraciones. Las funciones son bastante variadas, incluso dentro de las designaciones de comedor, exhibición, demostración y presentaciones. Esto generalmente requiere el diseño de un sistema de controles que puede exigir que los operadores estén instruidos en el uso del sistema. Además, en configuraciones de salas de reuniones más pequeñas, puede ser necesario tener controles simplificados accesibles para los participantes para acomodar presentaciones AV y proyecciones de transparencias sin la necesidad de personal profesional.

Los desafíos incluyen la eficiencia del sistema de iluminación dados los cielorrasos altos y los grandes volúmenes de espacio. Las superficies de cielorraso y pared con acabado claro son importantes. Por lo general, se requieren disposiciones para iluminación de entretenimiento. Algunos diseños de salones de baile incluyen bloqueos de sonido y luz donde la iluminación debe diseñarse para controlar el cambio de luminancia de un salón de baile oscuro al espacio previo a la función adyacente. Consulte la Figura 24.2 | Bloqueo de Sonido y Luz. Si no se utilizan cerraduras de sonido y luz, entonces las áreas de circulación y de prefunción adyacentes deben diseñarse para limitar las distracciones por brillo. Esto puede implicar vincular la iluminación en las áreas de circulación y de prefunción con los controles de iluminación del salón de baile para que la iluminación siga los ajustes preestablecidos del salón de baile.

La Figura 28.2 ilustra una configuración típica de salón de baile e identifica la iluminación arquitectónica para respaldar esa y otras configuraciones.

28.2.4 ENTRADAS DE EDIFICIOS

La iluminación para las entradas de edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. La iluminación de las entradas de edificios para instalaciones de hospitalidad y entretenimiento contribuye significativamente a la secuencia de llegada nocturna. Los destinos de hospitalidad y entretenimiento a menudo están pensados como ocasiones sociales (descansos, escapadas o celebraciones) o como ocasiones de negocios (retiros o avances, aprendizaje y confraternización). Todo esto implica una sensación de anticipación y deseo. La arquitectura y la iluminación de la entrada pueden promover estos sentimientos y popularizar los lugares como destinos altamente deseables o incluso necesarios. Consulte la Figura 28.3.

Una variable es el nivel de actividad durante las horas nocturnas. Otra variable que exige atención antes de establecer los criterios de iluminación es la zona de iluminación exterior nocturna. Los niveles de actividad nocturna pueden variar según

el tipo de instalación, como hotel, restaurante o teatro. Es probable que el hotel tenga una actividad constante de baja a media durante un período de tiempo, pero si se trata de salones de baile y salas de reuniones, es probable que haya breves ráfagas de actividad intensa. La actividad en los teatros se caracteriza por la cantidad de pantallas en las salas de cine y el horario de las funciones en los teatros escénicos. Las salas de cine con múltiples pantallas pueden exhibir una actividad de media a alta durante varios períodos de media hora. Los teatros escénicos suelen exhibir una actividad de media a alta durante un solo período de media hora antes y después de la función. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar diversas configuraciones en varias noches mediante intervención manual, reloj automático y funciones de fotocélula. Estos y otros aspectos del cronograma, los niveles de actividad y las zonas de iluminación exterior nocturna deben establecerse en la programación. La zona de iluminación exterior nocturna en la que se encuentra la instalación o en la que el equipo y el cliente deciden diseñar afecta los criterios de iluminación para las tareas al aire libre. Las designaciones de zonas de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar del equipo. Estas se analizan en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Consulte también la Tabla 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para mejorar el respeto ambiental al aire libre.



FIGURA 28.2 | SALONES DE BAILE

Este salón de baile se puede reconfigurar para convertirlo en cinco salones de baile más pequeños o salas de reuniones. Los diseños de iluminación y la zonificación de control y los controles están dispuestos para adaptarse a las variaciones. Se utiliza una combinación de iluminación de cornisa (aquí no está activa), candelabros y luces empotradas (aquí no están activas). Las cornisas utilizan lámparas fluorescentes compactas largas regulables, los candelabros utilizan CFL no regulables y los focos y los acentos utilizan halógenosIR de 120 V. Los candelabros utilizan dos zonas de control para una iluminación de dos niveles. La temperatura de color de la lámpara es de 3000 K y el índice de reproducción cromática CRI es de ≧82 y las lentes de los candelabros están ajustadas por color para lograr el aspecto de una lámpara de filamento. Los aparejos y los instrumentos de iluminación del escenario están en su lugar para la iluminación de entretenimiento en este banquete de cena. » Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	Accenting influences observers' overall brightness perceptions and provides visual relief. Accenting is also used for visual attraction and wayfinding. See 22 | LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS/ACCENTING for default accenting criteria for consideration in any application.										
ADMINISTRACIÓN	See 22 | LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS										
SALONES DE BAILE											
• Sala de Descanso/Prefunción											
• Acentuación											
· Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)	consulte la Tabla 15.2									
· Muro de Decoración	En el plano de la pared	consulte la Tabla 15.2									
· Perímetro	En el plano de la pared,	consulte la Tabla 15.2									
• Circulación	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• No Hay Eventos Fuera de Horario	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Mesas de Registro	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Función Social	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Cabinas de Control	Ver CABINAS DE CONTROL										
• Baile (Social)	E_h @ pista de baile ; E_v @5' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Cena											
• Informal	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Formal											
· Negocios	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Noche	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Exhibición	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Reunión	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Montaje y Desmontaje	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Presentación	Alto grado de flexibilidad										
• Público	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF										
· AV y notas	Se pretende tomar notas	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· AV y sin notas	No se pretende tomar notas	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· Presentación destacada		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· Sin AV		M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Demostración		T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados están destinados al plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso (limite la luz en la pantalla para obtener las mejores condiciones de visualización)										
· Presentación destacada AV	Poca narración en vivo o presentación oral, si la hay							10	10	10	Max
Referencia periódica de pantalla	Narración en vivo o presentación oral acompañada de algún elemento audiovisual							50	50	50	Max
• Orador/Panel	Iluminación en el lugar del orador o del panel de oradores										
· AV											
· Cara(s)	E_v @4' AFF sentado o @5' AFF de pie						Prom. ≤3 veces la audiencia E_h				
· Superficie de trabajo	E_h @2' 6" AFF	Prom. ≤3 veces la audiencia E_h									
· Sin AV	E_h @2' 6" AFF sentado o 3' 6" de pie ; E_v @4' AFF sentado o @5' AFF de pie	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ENTRADAS DE EDIFICIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver 15.1.1.3		■	■	■	
	ver 15.1.1.3		■		■	
	ver 15.1.1.3		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	4:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1					■
	2:1					■
	2:1					■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
2:1					■	
2:1					■	
	2:1				■	
	2:1				■	
	3:1		■		■	

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	Accenting influences observers' overall brightness perceptions and provides visual relief. Accenting is also used for visual attraction and wayfinding. See 22 | LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS/ACCENTING for default accenting criteria for consideration in any application.																	
ADMINISTRACIÓN	See 22 | LIGHTING FOR COMMON APPLICATIONS																	
SALONES DE BAILE																		
• Sala de Descanso/Prefunción																		
• Acentuación																		
· Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■	■	■	
· Muro de Decoración	En el plano de la pared						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■		■	
· Perímetro	En el plano de la pared,						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■		■	
• Circulación	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		3:1		■			■
• No Hay Eventos Fuera de Horario	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		3:1		■			■
• Mesas de Registro	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		4:1		■			■
• Función Social	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
• Cabinas de Control	Ver CABINAS DE CONTROL																	
• Baile (Social)	E_h @ pista de baile ; E_v @5' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.		2:1		■			■
• Cena																		
• Informal	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Formal																		
· Negocios	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
· Noche	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■			■
• Exhibición	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■			■
• Reunión	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Montaje y Desmontaje	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Presentación	Alto grado de flexibilidad																	
• Público	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF																	
· AV y notas	Se pretende tomar notas	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1					■
· AV y sin notas	No se pretende tomar notas	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1					■
· Presentación destacada		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		2:1					■
· Sin AV		M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
• Demostración		T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		3:1		■		■	
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados están destinados al plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso (límite la luz en la pantalla para obtener las mejores condiciones de visualización)																	
· Presentación destacada AV	Poca narración en vivo o presentación oral, si la hay							10	10	10	Max	2:1					■	
Referencia periódica de pantalla	Narración en vivo o presentación oral acompañada de algún elemento audiovisual							50	50	50	Max	2:1					■	
• Orador/Panel	Iluminación en el lugar del orador o del panel de oradores																	
· AV																		
· Cara(s)	E_v @4' AFF sentado o @5' AFF de pie						Prom. ≤3 veces la audiencia E_h						2:1				■	
· Superficie de trabajo	E_h @2' 6" AFF		Prom. ≤3 veces la audiencia E_h										2:1				■	
· Sin AV	E_h @2' 6" AFF sentado o 3' 6" de pie ; E_v @4' AFF sentado o @5' AFF de pie	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
ENTRADAS DE EDIFICIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTROS DE NEGOCIOS											
• Estaciones de Computadoras	E_h y E_v @3' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Estaciones de Fotocopiado/Impresión	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Área de Reuniones Informales	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
CONFERENCIAS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CABINAS DE CONTROL											
• Producciones en Vivo	Auditorios; Salones de baile; Teatros										
• Pizarras y Monitores Retroiluminados	Tableros y controles con retroiluminación										
· Durante la Producción	E_h @tableros y controles	-	0	0	0		-	0	0	0	
· Pre/Post-Show, Intermedio	E_h @tableros y controles	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• General											
· Limpieza	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Durante la Producción	E_h @ piso ;	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
· Pre/Post-Show, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Montaje/Desmontaje	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Superficie de Trabajo/Pizarras sin Retroiluminación	Tableros y controles sin retroiluminación y superficies de trabajo										
· Durante la Producción	E_h @3' AFF	H	10	20	40	Prom.	-	0	0	0	
· Pre/Post-Show, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Producciones en Estudio											
• General											
· Limpieza	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Durante la Producción	E_h @ piso ;	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Montaje/Desmontaje	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Superficie de trabajo/Pizarras	Tableros y controles sin retroiluminación y superficies de trabajo										
· Durante la Producción	E_h@superficie de trabajo ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	
SALAS DE EXHIBICIONES											
• Vestíbulos de Circulación											
• Acentuación											
· Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)								ver Tabla 15.2		
· Exhibiciones	En el plano(s) de exhibición			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
· Exhibiciones Destacadas	En el plano(s) de exhibición			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
· Muro Destacado	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
· Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
• Concesiones	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/SERVICIO DE ALIMENTOS										
• Circulación	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Sin Exhibición	Aplica cuando espacios auxiliares están en uso E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Puestos de Registro	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Exhibición General											
• Configuración de Alta Iluminación i	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Configuración de Baja Iluminación i	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■		■	
	2:1		■			■
	4:1		■			■
					■	
	2:1			■	■	
	2:1					■
	2:1			■		■
	2:1			■		■
	2:1					■
	2:1			■	■	
	2:1			■	■	
	2:1					■
	2:1			■		■
	2:1					■
						■
	2:1			■	■	
	ver 15.1.1.3		■	■	■	
	ver 15.1.1.3		■	■	■	
	ver 15.1.1.3		■	■	■	
	ver 15.1.1.3		■		■	
	ver 15.1.1.3		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	4:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTROS DE NEGOCIOS																		
• Estaciones de Computadoras	E_h y E_v @3' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Estaciones de Fotocopiado/Impresión	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		2:1		■			■
• Área de Reuniones Informales	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.		4:1		■			■
CONFERENCIAS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
CABINAS DE CONTROL																		
• Producciones en Vivo	Auditorios; Salones de baile; Teatros																	
• Pizarras y Monitores Retroiluminados	Tableros y controles con retroiluminación																	
· Durante la Producción	E_h @tableros y controles	-	0	0	0		-	0	0	0							■	
· Pre/Post-Show, Intermedio	E_h @tableros y controles	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1			■	■	
• General																		
· Limpieza	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1					■
· Durante la Producción	E_h @ piso ;	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0			2:1			■		■
· Pre/Post-Show, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1			■		■
· Montaje/Desmontaje	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1					■
• Superficie de Trabajo/Pizarras sin Retroiluminación	Tableros y controles sin retroiluminación y superficies de trabajo																	
· Durante la Producción	E_h @3' AFF	H	10	20	40	Prom.	-	0	0	0			2:1			■	■	
· Pre/Post-Show, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1			■	■	
• Producciones en Estudio																		
• General																		
· Limpieza	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1					■
· Durante la Producción	E_h @ piso ;	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			■		■
· Montaje/Desmontaje	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1					■
• Superficie de trabajo/Pizarras	Tableros y controles sin retroiluminación y superficies de trabajo																	■
· Durante la Producción	E_h@superficie de trabajo ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200			2:1			■	■	
SALAS DE EXHIBICIONES																		
•Vestíbulos de Circulación																		
• Acentuación																		
· Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)								ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		■	■	■	
· Exhibiciones	En el plano(s) de exhibición			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		■	■	■	
· Exhibiciones Destacadas	En el plano(s) de exhibición			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		■	■	■	
· Muro Destacado	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		■		■	
· Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		■		■	
• Concesiones	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/SERVICIO DE ALIMENTOS																	
• Circulación	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Sin Exhibición	Aplica cuando espacios auxiliares están en uso E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1		■			■
• Puestos de Registro	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		■			■
• Exhibición General																		
• Configuración de Alta Iluminación i	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■			■
• Configuración de Baja Iluminación i	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		2:1		■			■

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS											
•Circulación	ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
•Limpieza	E_h @ piso ; E_v @2' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de Ejercicio											
• Aeróbicos	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Ejercicio en Grupo	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Entrenamiento Personal	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Entrenamiento de Fuerza	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Casilleros	Ver BAÑOS/VESTUARIOS/Casilleros										
•Piscinas	Consulte 37 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN para conocer los criterios de iluminancia para situaciones competitivas.										
• Interior	Aplicaciones y tareas **INTERIORES** citadas aquí. Consulte CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS/PISCINAS/EXTERIORES para conocer las aplicaciones exteriores respectivas.										
• En jacuzzis	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
• En piscinas	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
• Superficies Verticales perimetrales	Acentuar superficies opacas; Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Acentuación										
Terraza de Piscinas y Jacuzzis	Se supone que la piscina y el jacuzzi deben estar iluminados internamente. La iluminación debe estar orientada hacia la piscina y la extensión real de la plataforma desde el borde de la piscina. Debe estar en planos perpendiculares al contorno de la piscina en dos direcciones principales de recorrido alrededor de la piscina.										
• Actividad Alta [j]	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Actividad Media [j]	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Actividad Baja [j]	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Exterior	Aplicaciones y tareas **AL AIRE LIBRE** citadas aquí. Consulte CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS/PISCINAS/CUBIERTAS para conocer las aplicaciones interiores respectivas.										
• En Jacuzzis	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
• En Piscinas	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
Terraza de Piscinas y Jacuzzis	Se supone que la piscina y el jacuzzi deben estar iluminados internamente. La iluminación debe estar dirigida a la piscina y a un "área de terraza" que se extienda 10 pies más allá del borde de la piscina o que consista en la extensión real de la terraza, lo que sea mayor. Ev debe estar en planos perpendiculares al contorno de la piscina en dos direcciones principales de recorrido alrededor de la piscina.										
• Actividad Alta [j]	E_h @grado ; E_v @5' AFG										
LZ4[k]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
LZ3[k] (y LZ4 toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
LZ2[k] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ1[k] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
LZ0[k] (y LZ1 toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• Actividad Media [j]	E_h @ piso ; E_v @5' AFG										
LZ4[k]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ3[k] (y LZ4 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
LZ2[k] (y LZ3 toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
LZ1[k] (y LZ2 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
LZ0[k] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	Prom.	-	0	0	0	

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
3:1						
3:1						
3:1						
	4:1					
	4:1 (8:1)					
	4:1 (8:1)					
	4:1 (8:1)					
	4:1 (8:1)					
	4:1					
	4:1 (8:1)					
	4:1 (8:1)					
	4:1 (8:1)					
	4:1 (8:1)					

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS																
•Circulación	ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN															
•Limpieza	E_h @piso; E_v @2' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Áreas de Ejercicio																
• Aeróbicos	E_h @piso; E_v @3' - 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1			
• Ejercicio en Grupo	E_h @piso; E_v @3' - 5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Entrenamiento Personal	E_h @piso; E_v @3' - 5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			
• Entrenamiento de Fuerza	E_h @piso; E_v @3' - 5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1			
•Casilleros	Ver BAÑOS/VESTUARIOS/Casilleros															
•Piscinas	Consulte 37 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN para conocer los criterios de iluminancia para situaciones competitivas.															
• Interior	Aplicaciones y tareas **INTERIORES** citadas aquí. Consulte CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS/PISCINAS/EXTERIORES para conocer las aplicaciones exteriores respectivas.															
· En jacuzzis	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
· En piscinas	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
·Superficies Verticales perimetrales	Acentuar superficies opacas; Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Acentuación															
Terraza de Piscinas y Jacuzzis	Se supone que la piscina y el jacuzzi deben estar iluminados internamente. La iluminación debe estar orientada hacia la piscina y la extensión real de la plataforma desde el borde de la piscina. Debe estar en planos perpendiculares al contorno de la piscina en dos direcciones principales de recorrido alrededor de la piscina.															
· Actividad Alta j	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
· Actividad Media j	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1				
· Actividad Baja j	E_h @piso; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1				
• Exterior	Aplicaciones y tareas **AL AIRE LIBRE** citadas aquí. Consulte CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS/PISCINAS/CUBIERTAS para conocer las aplicaciones interiores respectivas.															
· En Jacuzzis	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
· En Piscinas	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
Terraza de Piscinas y Jacuzzis	Se supone que la piscina y el jacuzzi deben estar iluminados internamente. La iluminación debe estar dirigida a la piscina y a un "área de terraza" que se extienda 10 pies más allá del borde de la piscina o que consista en la extensión real de la terraza, lo que sea mayor. Ev debe estar en planos perpendiculares al contorno de la piscina en dos direcciones principales de recorrido alrededor de la piscina.															
· Actividad Alta j	E_h @grado; E_v @5' AFG															
LZ4 k		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		4:1			
LZ3 k (y LZ4 toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.		4:1 (8:1)			
LZ2 k (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.		4:1 (8:1)			
LZ1 k (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		4:1 (8:1)			
LZ0 k (y LZ1 toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0			4:1 (8:1)			
· Actividad Media j	E_h @piso; E_v @5' AFG															
LZ4 k		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.		4:1			
LZ3 k (y LZ4 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		4:1 (8:1)			
LZ2 k (y LZ3 toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0			4:1 (8:1)			
LZ1 k (y LZ2 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			4:1 (8:1)			
LZ0 k (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	Prom.	-	0	0	0			4:1 (8:1)			

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) [b c d]									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS	Piscinas/Exterior/Terraza de piscina y jacuzzi (continuación)										
• Actividad Baja [j]	E_h @ piso ; E_v @5' AFG										
LZ4[k]		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
LZ3[k] (y LZ4 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
LZ2[k] (y LZ3 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
LZ1[k] (y LZ2 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
LZ0[k] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	Prom.	-	0	0	0	
•Duchas	Ver BAÑOS/VESTUARIOS/DUCHAS										
•Sauna	Ver SPAS/Sauna										
• Spa	Ver SPAS										
•Baños	Ver BAÑOS/VESTUARIOS										
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
JUEGOS											
Nota general:	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para establecer/confirmar los criterios de iluminación en las áreas de juegos										
•Pasillos de Circulación											
• Trastienda											
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran				
Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Público	In other-than gaming areas; See GAMING/Gaming Areas										
• Acentuación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Acentuación										
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran				
• Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.
• Invitados											
• Pasillo Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	H	10	20	40	Prom.
• Umbrales de Puertas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
•Áreas de Juego											
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.1 veces la tarea Eh de juegos adyacentes o como las cámaras de vigilancia en vivo o las regulaciones lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.1 veces la tarea Eh de juegos adyacentes o como las cámaras de vigilancia en vivo o las regulaciones lo requieran				
• Mesas	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminancia.										
• Manejo de Dinero											
• Cajeros Automáticos	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminancia.										
• Cajas											
• General	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminancia.										
• Área de Transacciones	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminancia.										
• Salas de Recuento	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminancia.										

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura 1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	3:1 (6:1)					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
ver Cuadro 12.6						

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS	Piscinas/Exterior/Terraza de piscina y jacuzzi (continuación)																	
· Actividad Baja j	E_h @ piso ; E_v @5' AFG																	
LZ4[k]		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0			3:1				■	
LZ3[k] (y LZ4 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)				■	
LZ2[k] (y LZ3 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)				■	
LZ1[k] (y LZ2 toque de queda)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)				■	
LZ0[k] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	Prom.	-	0	0	0			3:1 (6:1)				■	
•Duchas	Ver BAÑOS/VESTUARIOS/DUCHAS																	
•Sauna	Ver SPAS/Sauna																	
•Spa	Ver SPAS																	
•Baños	Ver BAÑOS/VESTUARIOS																	
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
JUEGOS																		
Nota general:	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para establecer/confirmar los criterios de iluminación en las áreas de juegos																	
•Pasillos de Circulación																		
• Trastienda																		
· Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran						2:1		■			■
Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		2:1		■			■
• Público	In other-than gaming areas; See GAMING/Gaming Areas																	
· Acentuación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Acentuación																	
· Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia en vivo lo requieran						2:1		■			■
· Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Vestíbulo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
· Invitados																		
· Pasillo Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	H	10	20	40	Prom.		2:1		■			■
· Umbrales de Puertas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
•Áreas de Juego																		
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.1 veces la tarea Eh de juegos adyacentes o como las cámaras de vigilancia en vivo o las regulaciones lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.1 veces la tarea Eh de juegos adyacentes o como las cámaras de vigilancia en vivo o las regulaciones lo requieran						2:1		■			■
• Mesas	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminación.												ver Cuadro 12.6			■	■	
• Manejo de Dinero																		
• Cajeros Automáticos	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminación.															■	■	
• Cajas																		
· General	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminación.																	■
· Área de Transacciones	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminación.																■	
• Salas de Recuento	Consulte con especialistas en juegos y vigilancia para conocer los criterios de iluminación.																	■

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
HABITACIONES HUÉSPEDES											
•Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						consulte la Tabla 15.2				
•Baño											
•Ducha/Bañera	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Inodoro	E_h @ fijación sup. ; E_v @3' - 5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
•Tocador	E_h @3' AFF; E_v @3' - 5' AFF	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Armario	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Mesa de Comedor	E_h @plano mesa ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•Entrada/Vestíbulo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
•Lectura											
•Cabecera de Cama	E_h y E_v @3' AFF, área chica	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Silla Informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Escritorio	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
•Escalones/Escaleras	E_h @huella	J	20	40	80	Prom.					
•Cocina Pequeña	E_h y E_v @superficies de prep.	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
IT (INFORMÁTICA)	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
CAMINOS PEATONALES	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
LECTURA Y ESCRITURA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
SPAS											
•Vestuarios	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Limpieza	E_h @ piso ; E_v @2' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Baño Turco (acentuación cerca de lavabo)	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.
•Vestuarios	Ver BAÑOS/VESTUARIOS										
•Estaciones de Maquillaje	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Manicuras											
•General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Reposamanos	E_h @reposamanos ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Pedicuros											
•Reposapiés	E_h @reposapiés ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Piscinas	Ver CENTRO DE EJERCICIOS FÍSICOS/Piscinas										

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	Ver 15.1.1.3					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	Ver Cuadro 12.6					
	Ver Cuadro 12.6					
	4:1					
	3:1					
	Ver Cuadro 12.6					
	5:1					
	3:1					
	10:1					
	Ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	Ver Cuadro 12.6					
	Ver Cuadro 12.6					
	2:1					

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
HABITACIONES HUÉSPEDES																
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						consulte la Tabla 15.2					Ver 15.1.1.3	■	■	■	
• Baño																
• Ducha/Bañera	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	■		■	
• Inodoro	E_h @ fijación sup. ; E_v @3' - 5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1	■		■	
• Tocador	E_h @3' AFF; E_v @3' - 5' AFF	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	■		■	
• Armario	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	I	15	30	60	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	■			■
• Mesa de Comedor	E_h @plano mesa ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■		■	
• Entrada/Vestíbulo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	■			■
• Lectura																■
• Cabecera de Cama	E_h y E_v @3' AFF, área chica	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	■	■	■	
• Silla Informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	Ver Cuadro 12.6	■	■	■	
• Escritorio	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	I	15	30	60	Prom.	Ver Cuadro 12.6	■	■	■	
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	4:1	■			■
• Escalones/Escaleras	E_h @huella	J	20	40	80	Prom.						3:1	■		■	
• Cocina Pequeña	E_h y E_v @superficies de prep.	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	Ver Cuadro 12.6	■		■	
IT (INFORMÁTICA)	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
CAMINOS PEATONALES	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
LECTURA Y ESCRITURA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
SPAS																
• Vestuarios	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	M	50	100	200	Prom.	5:1	■			■
• Limpieza	E_h @ piso ; E_v @2' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	■			■
• Baño Turco (acentuación cerca de lavabo)	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.	10:1	■			■
• Vestuarios	Ver BAÑOS/VESTUARIOS															
• Estaciones de Maquillaje	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	Ver Cuadro 12.6	■		■	
• Manicuras																
• General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	■			■
• Reposamanos	E_h @reposamanos ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.	Ver Cuadro 12.6	■		■	
• Pedicuros																
• Reposapiés	E_h @reposapiés ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.	Ver Cuadro 12.6	■		■	
• General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	■			■
• Piscinas	Ver CENTRO DE EJERCICIOS FÍSICOS/Piscinas															

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SPAS	(continuación)										
• Recepción	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Lobbies de Recepción										
• Salón											
• Silla de Barbero	E_h y E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Silla de Laboratorio de Color l	E_h y E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Lavado	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Silla de Peluquería	E_h y E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sauna	Esta aplicación altamente especializada se aborda mejor con el equipo y los diseños recomendados por ting los proveedores de sauna o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos.										
• Baño de Vapor	Esta aplicación altamente especializada se aborda mejor con el equipo y los diseños recomendados porn or lighting los proveedores de baños de vapor o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos.										
• Tratamiento											
• Limpieza	Ver SPAS/Limpieza										
Tratamientos Secos y Húmedos											
· Habitación	E_h y E_v @3' AFF	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· Mesa	E_h y E_v @3' AFF	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• Tratamientos Previos y Posteriores	E_h y E_v @3' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
ESPACIOS DE APOYO											
• Guardarropas o Guardarropía	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas de Fotocopias e Impresión											
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Servicio de Limpieza											
Armario de equipos/suministros	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ropa Blanca											
· Armario	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Habitación											
◦ General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
◦ Costura	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Lavandería	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Armario de Conserjería	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Envío											
• Muelle	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Preparación	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento											
• Alimentos	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos										
• Uso Frecuente	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso Poco Frecuente	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Valet	Eh @3' 0"; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					
	5:1					
	3:1					
	5:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SPAS	(continuación)																	
• Recepción	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Lobbies de Recepción																	
• Salón																		
• Silla de Barbero	E_h Y E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver Cuadro 12.6		■		■	
Silla de Laboratorio de Color [l]	E_h Y E_v @4' AFF	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.		ver Cuadro 12.6					
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Lavado	E_h Y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1				■	
• Silla de Peluquería	E_h Y E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver Cuadro 12.6		■		■	
• Sauna	Esta aplicación altamente especializada se aborda mejor con el equipo y los diseños recomendados por ting los proveedores de sauna o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos.																	
• Baño de Vapor	Esta aplicación altamente especializada se aborda mejor con el equipo y los diseños recomendados por or lighting los proveedores de baños de vapor o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos.																	
• Tratamiento																		
• Limpieza	Ver SPAS/Limpieza																	
Tratamientos Secos y Húmedos																		
· Habitación	E_h Y E_v @3' AFF	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.		5:1		■			■
· Mesa	E_h Y E_v @3' AFF	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.		3:1		■		■	
• Tratamientos Previos y Posteriores	E_h Y E_v @3' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.		5:1		■			■
ESPACIOS DE APOYO																		
• Guardarropas o Guardarropía	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Salas de Fotocopias e Impresión																		
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Máquinas	E_h Y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Servicio de Limpieza																		
Armario de equipos/suministros	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Ropa Blanca																		
· Armario	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
· Habitación																		
· General	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
· Costura	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver Cuadro 12.6		■		■	
• Lavandería	E_h Y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■			■
• Armario de Conserjería	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Recepción/Envío																		
• Muelle	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Recepción/Preparación	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
• Almacenamiento																		
• Alimentos	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos																	
• Uso Frecuente	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Uso Poco Frecuente	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■			■
• Valet	Eh @3' 0"; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TEATROS, CINE											
•Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
•Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
•Concesiones	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos										
•Cabinas de Control	Ver CABINAS DE CONTROL										
• Vestíbulo	Ver Prefunción										
•Sala											
• Público											
• Durante la Función	E_h @ piso; E_v @5' AFF	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Preestrenos	E_h @ piso; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Durante la Función	E_h @ piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	C	2	4	8	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Preestrenos	E_h @ piso; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	F	5	10	20	Prom.
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.										
• Durante la Función								2	2	2	Max
• Pre/Post-Función, Intermedio								30	30	30	Max
• Preestrenos								6	6	6	Max
• Pruebas	Ver 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORIOS/Multiusos/Exámenes										
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
• Prefunción	Antesala o espacio de transición contiguo al teatro										
• Durante el Evento	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Bloqueo de Sonido y Luz	Antesala o espacio de transición contiguo al teatro										
• Durante el Evento	E_h @ piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	I	15	30	60	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Baños	Ver BAÑOS Y VESTUARIOS										
TEATROS, ESCENARIO											
•Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
•Limpieza	E_h y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
•Concesiones	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos										
•Cabinas de Control	Ver CABINAS DE CONTROL										
•Vestuario											
• General	E_h y E_v @2' 6"	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Lectura	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Tocador	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Vestíbulo	Ver Prefunción										
• Sala Verde											
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Lectura	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	5:1/2:1					
	2:1					
	5:1/2:1					
2:1						
2:1						
2:1						
	2:1					
	3:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f] [g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TEATROS, CINE																	
•Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																
•Limpieza	E_h Y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■		■
•Concesiones	Ver 22/ ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos																
•Cabinas de Control	Ver CABINAS DE CONTROL																
• Vestíbulo	Ver Prefunción																
•Sala																	
• Público																	
• Durante la Función	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		2:1				■
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1		■		■
• Preestrenos	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.		2:1				■
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																
• Durante la Función	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	C	2	4	8	Prom.		5:1/2:1			■	
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1		■	■	
• Preestrenos	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	F	5	10	20	Prom.		5:1/2:1			■	
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.																
• Durante la Función								2	2	2	Max	2:1				■	
• Pre/Post-Función, Intermedio								30	30	30	Max	2:1				■	
• Preestrenos								6	6	6	Max	2:1				■	
• Pruebas	Ver 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORIOS/Multiusos/Exámenes																
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																
• Prefunción	Antesala o espacio de transición contiguo al teatro																
• Durante el Evento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1		■		■
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■		■
• Bloqueo de Sonido y Luz	Antesala o espacio de transición contiguo al teatro																
• Durante el Evento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	I	15	30	60	Prom.		5:1/3:1				■
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■		■
• Baños	Ver BAÑOS Y VESTUARIOS																
TEATROS, ESCENARIO																	
•Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																
•Limpieza	E_h Y E_v @2' 6" AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■		■
•Concesiones	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos																
•Cabinas de Control	Ver CABINAS DE CONTROL																
•Vestuario																	
• General	E_h Y E_v @2' 6"	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■
• Lectura	E_h Y E_v @2' 6" en áreas de asientos	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver Cuadro 12.6		■	■	
• Tocador	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		ver Cuadro 12.6		■	■	
• Vestíbulo	Ver Prefunción																
• Sala Verde																	
• General	E_h Y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1		■		■
• Lectura	E_h Y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver Cuadro 12.6		■	■	

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TEATROS, ESCENARIO	(continuación)										
•Sala											
• Público											
· Durante la Producción	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
* Durante la producción	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	C	2	4	8	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pantalla (proyección frontal)	Ver TEATROS/CINES										
• Escenario	Iluminación de escenarios por diseñadores de iluminación de teatros; consulte IES DG-20/ Iluminación de Escenarios: **Una Guía para la Planificación de Teatros y Auditorios** para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica										
* Rampas de Acceso/Escaleras	Ver TEATROS, ESCENARIO/Sala/Circulación										
• Producciones Profesionales	Según diseño del diseñador de iluminación del teatro										
• Pruebas	Ver 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORIOS/Multiusos/Pruebas										
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
• Prefunción	Antesala o espacio de transición contiguo al teatro										
• Durante el evento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Bloqueo de Sonido y Luz	Transición desde el vestíbulo o espacio de transición contiguo al teatro										
• Durante el Evento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	E	4	8	16	Prom.
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Baños	Ver BAÑOS Y VESTUARIOS										
BAÑOS/VESTUARIO											
• Accesorios	E_h @ arriba del accesorio de plomería; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•General	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Casilleros											
• Casilleros para Invitados	E_h @ piso ; E_v @caras de casillero	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Casilleros Deportivos	E_h @ piso ; E_v @ caras de casillero	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Casilleros para el Personal	E_h @ piso ; E_v @ caras de casillero	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Duchas	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3' - 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Acentuación	Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para ver materiales dignos de conservación										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)	consulte la Tabla 15.2									
• Pared Decorativa	En el plano de la pared,	consulte la Tabla 15.2									
• Perímetro	En el plano de la pared,	consulte la Tabla 15.2									
• Punto Focal Significativo	En el plano del punto focal (normalmente vertical),	consulte la Tabla 15.2									
• Pasillos de Circulación	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada la iluminación localizada.										
• Parte Trasera del Edificio											
· Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
· Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades: Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura[h]: Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	5:1/2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	2:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TEATROS, ESCENARIO	(continuación)																	
•Sala																		
• Público																		
· Durante la Producción	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.		2:1					■
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
•Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																	
• Durante la producción	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	C	2	4	8	Prom.		5:1/2:1				■	
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Pantalla (proyección frontal)	Ver TEATROS/CINES																	
• Escenario	Iluminación de escenarios por diseñadores de iluminación de teatros; consulte IES DG-20/ Iluminación de Escenarios: **Una Guía para la Planificación de Teatros y Auditorios** para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica																	
• Rampas de Acceso/Escaleras	Ver TEATROS, ESCENARIO/Sala/Circulación																	
• Producciones Profesionales	Según diseño del diseñador de iluminación del teatro																	
• Pruebas	Ver 24/ ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORIOS/Multiusos/Pruebas																	
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																	
• Prefunción	Antesala o espacio de transición contiguo al teatro																	
• Durante el evento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Bloqueo de Sonido y Luz	Transición desde el vestíbulo o espacio de transición contiguo al teatro																	
• Durante el Evento	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	E	4	8	16	Prom.		5:1/3:1					■
• Pre/Post-Función, Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Baños	Ver BAÑOS Y VESTUARIOS																	
BAÑOS/VESTUARIO																		
• Accesorios	E_h @ arriba del accesorio de plomería; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
•General	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1		■			■
• Casilleros																		
• Casilleros para Invitados	E_h @ piso ; E_v @ caras de casillero	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1		■		■	
• Casilleros Deportivos	E_h @ piso ; E_v @ caras de casillero	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Casilleros para el Personal	E_h @ piso ; E_v @ caras de casillero	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
• Duchas	E_h @ piso ; E_v @3' - 5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3' - 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																		
• Acentuación	Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para ver materiales dignos de conservación																	
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■	■	■	
• Pared Decorativa	En el plano de la pared,						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■		■	
• Perímetro	En el plano de la pared,						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■		■	
• Punto Focal Significativo	En el plano del punto focal (normalmente vertical),						consulte la Tabla 15.2						ver 15.1.1.3		■	■	■	
• Pasillos de Circulación	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada la iluminación localizada.																	
• Parte Trasera del Edificio																		
· Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran						2:1		■			■
· Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento (continuación en la página siguiente)

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	Corredores de Circulación (continuación)										
• Público											
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran pero con un min ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
• Pasillos Independientes	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Invitados											
• Pasillo Intermedio	E_h @ piso ; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	H	10	20	40	Prom.
• Umbrales de Puertas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores											
• Carga											
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pasajeros											
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la Cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Entradas	See BUILDING ENTRIES										
Escaleras Mecánicas/ Pasarelas Móviles	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos											
Circulación, Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• General											
En las Entradas de los Edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar a o desde el exterior.										
• Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Lejos de las Entradas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Conserjería/Alquiler de Coches		O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Áreas de Lectura/Trabajo	E_h and E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vestíbulos de Recepción	Por ejemplo, registro, centro de negocios, gimnasio, spa, sala de conserjería.										
• Escritorio											
• Cubierta del Escritorio		N	75	150	300		K	25	50	100	Prom.
Pared Focal detrás del Escritorio	En el plano de la pared						ver Cuadro 15.2				
• Salones											
• Clubes y Salas de Juegos											
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Juegos de Mesa	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Videojuegos	E_h @controles de juego; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Áreas de Lectura/Trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Áreas Sociales/de Espera	E_h @ piso; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Mucha Actividad [j]	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	4:1					
	ver 15.1.1.3					
	4:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 28.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 28.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 28.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 28.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. "Configuración de Alta Iluminación" que se emplea generalmente cuando las exhibiciones tienen poca o ninguna iluminación interna y donde no se utilizan equipos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se emplea normalmente cuando las exhibiciones tienen una iluminación interna significativa o cuando se utilizan instrumentos y aparejos teatrales. "Configuración de Poca Luz" que se utiliza para el montaje, desmontaje y limpieza.

j. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna.

k. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

l. Haga que la mitad de la iluminancia esté disponible para lámparas que exhiban CCT de 5000 K o 6500 K y CRI ≥85 y la otra mitad para lámparas que exhiban CCT de 2700 K o 3000 K y CRI ≥85. Proporcione tres configuraciones de control: para un CCT; para el otro CCT; y para que ambos CCT se energicen para una máxima flexibilidad de visualización.

Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Hostelería y Entretenimiento

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (Max:Prom. / Prom.:Min / Max:Min)
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	Corredores de Circulación (continuación)											
• Público												
• Pasillos Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran pero con un min ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran					3:1
• Pasillos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Vestíbulo	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Invitados												
• Pasillo Intermedio	E_h @piso; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	H	10	20	40	Prom.	2:1
• Umbrales de Puertas	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Ascensores												
• Carga												
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Umbral												
• Exterior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Pasajeros												
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Umbral												
• Exterior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Interior de la Cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Entradas	See BUILDING ENTRIES											
Escaleras Mecánicas/ Pasarelas Móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Vestíbulos												
Circulación, Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.											
• General												
En las Entradas de los Edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar a o desde el exterior.											
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	4:1
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	4:1
• Lejos de las Entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	4:1
• Conserjería/Alquiler de Coches		O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1
• Áreas de Lectura/Trabajo	E_h and E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Vestíbulos de Recepción	Por ejemplo, registro, centro de negocios, gimnasio, spa, sala de conserjería.											
• Escritorio												
• Cubierta del Escritorio		N	75	150	300		K	25	50	100	Prom.	4:1
Pared Focal detrás del Escritorio	En el plano de la pared			ver Cuadro 15.2								ver 15.1.1.3
• Salones												
• Clubes y Salas de Juegos												
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1
• Juegos de Mesa	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Videojuegos	E_h @controles de juego; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Áreas de Lectura/Trabajo	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Áreas Sociales/de Espera	E_h @piso; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.											
• Mucha Actividad [j]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1



FIGURA 28.3 | ENTRADAS/ LLEGADAS

La porte cochere en este hotel urbano de 21 pisos proporciona una llegada única y visualmente emocionante. Los cilindros acrílicos de la porte cochere con lámparas LED azules de 1 W y los downlights ❶ de haz de 10° con lámparas LED de 3 W y 6500 K integrados en la estructura cumplen con las recomendaciones de iluminación para ENTRADAS DE EDIFICIOS/Porte cocheres/Alta actividad/LZ4 en la Tabla 22.2. Se utilizan varios efectos de iluminación para guiar figurativa y literalmente a las personas al vestíbulo y al vestíbulo de registro. Los criterios descritos en la Tabla 28.2 en ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Acentos/Punto Focal Significativo se utilizaron en la pared característica interior ❷. Esta está iluminada con una ranura de pared continua con lámparas puntuales de 39 W/PAR20/CMH de haz de 10° equipadas con lentes de extensión lineal para generar una fuerte luminancia para atracción visual. La temperatura de color de la lámpara es de 3000 K y el índice de reproducción cromática (IRC) es ≥ 82, lo que supone un contraste adicional con la cochera exterior y contribuye a la distinción dimensional y al atractivo visual.

» Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

28.2.5 CENTROS DE NEGOCIOS

Aunque los centros de negocios son un elemento utilitario en las instalaciones de hospitalidad, su iluminación puede ayudar a distinguirlos de los espacios de trastienda poco inspirados. Cada espacio público en una instalación de hospitalidad o entretenimiento contribuye a la experiencia de la clientela y a su satisfacción general.

28.2.6 CONFERENCIAS

La iluminación de las instalaciones de conferencias se aborda en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. En las instalaciones de hospitalidad y entretenimiento, es más probable que los espacios de conferencias sean utilizados por una clientela no iniciada. En este caso, lo mejor son los controles preestablecidos simples con dos a cuatro escenas y botones de teclado claramente marcados (por ejemplo, MEET, AV, VIDE0C0N y OFF). Si es necesario el control de la luz natural para cualquiera de estas escenas, esto también se automatiza con los ajustes preestablecidos de iluminación para mayor comodidad. Se puede interconectar una fotocélula con el sistema de control de iluminación preestablecido para lograr condiciones óptimas de visualización y ahorro de energía. Sin embargo, esto puede justificar la introducción de una anulación del control de la luz natural que, en sí misma, es probable que cause confusión al operador. Estos son detalles que se deben abordar con el cliente durante la programación y el diseño. De manera similar a las situaciones que involucran salones de baile sin sonido ni luces, las áreas de circulación o de pre-función adyacentes a los centros de conferencias pueden requerir un escrutinio minucioso del diseño para evitar brillos molestos que distraigan cuando los asistentes a la reunión entran y salen. La iluminación en las áreas de circulación o de pre-función adyacentes se puede vincular a los ajustes preestablecidos de la sala de conferencias. Alternativamente, los efectos de iluminación y la ubicación estratégica de acabados de superficie de baja reflectancia en las áreas de circulación adyacentes pueden limitar la distracción visual cuando las puertas de la sala de conferencias se abren y se cierran.

Cuadro **28.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	Conversión Tosca
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	Conversiones Convenientes [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

28.2.7 CABINAS DE CONTROL

Las cabinas de control se utilizan donde se requiere control de sonido o luz o ambos desde un espacio aislado con conexión visual al espacio bajo control. Estas pueden usarse en auditorios, salones de baile, salas de exposiciones y teatros. Las cabinas de control también se utilizan en estudios de radio y transmisión. La programación debe determinar si la cabina debe estar oscura y ser discreta o si debe ser parte del espacio bajo control donde es deseable la visualización y observación en ambos sentidos. Cuando sea necesaria una cabina oscura durante las presentaciones, se pueden usar luces de paso para iluminar el piso con luces muy discretas, ópticamente bien controladas, y luces de trabajo regulables que iluminan los tableros de control y las notas. Si la programación determina que los dispositivos y las lecturas del tablero de control estén retroiluminados y si las notas se muestran en la computadora, entonces sólo se necesita iluminación del piso durante las presentaciones. Es posible que se necesiten iluminancias significativas para la limpieza y para el montaje y desmontaje, dependiendo de la permanencia del equipo en la cabina. La Figura 28.4 ilustra una ubicación típica de la cabina de control vista desde la casa.

28.2.8 SALAS DE EXHIBICIÓN

Los centros de convenciones y algunos hoteles tienen salas de exhibición de diferentes tamaños. Estas instalaciones multipropósito, dependiendo de su tamaño y ubicación geográfica, pueden albergar temporalmente sesiones de capacitación, ferias comerciales, reuniones religiosas, espectáculos deportivos y de vehículos, y grandes funciones corporativas y sindicales. El sistema de iluminación arquitectónica de potencia normal generalmente acomoda el montaje, el desmontaje y una parte o la totalidad de los requisitos funcionales de algunos de estos diversos eventos. Las luminarias se controlan normalmente en grupos pequeños para permitir el funcionamiento eficiente de eventos cada vez más pequeños o más grandes o para permitir cierto grado de ajuste de los niveles de luz a los tipos de exhibiciones. Sin embargo, se necesita una infraestructura eléctrica y estructural considerable para el montaje teatral y para la iluminación integrada en la exhibición para adaptarse a todas las situaciones. La Figura 28.5 identifica sólo algunos enfoques básicos. Estas instalaciones se vuelven más apropiadas para actividades más allá de las exhibiciones si se iluminan las superficies de las paredes y/o el techo. Esto aborda algunos elementos identificados en 12.2 Factores espaciales.

28.2.9 CENTROS DE EJERCICIOS FÍSICOS

El centro de ejercicios físicos (gimnasio) implica una serie de situaciones en las que, aunque el entrenamiento y el acondicionamiento son "las tareas", la apariencia y la sensación de las personas sobre sí mismas y su nivel de compromiso con el ejercicio son igualmente importantes. La iluminación debe ser favorecedora y permitir la conversación y la visualización de vídeos. La visualización de vídeos puede ser susceptible a reflejos veladores, por lo que se debe evitar la iluminación direccional intensa. La iluminación directa o totalmente indirecta bien protegida suele ser adecuada dada la posibilidad de que los usuarios miren al cielorreaso durante las sesiones de ejercicio. Muchos centros de ejercicios, incluso en hoteles, son una fuente de ingresos y funcionan como un club. Aquí, la recepción y la espera, los vestuarios y las duchas, e incluso las zonas de venta minorista son comunes. La iluminación debe ser acorde con la experiencia del centro de ejercicios y con el ambiente de un club. Estas instalaciones suelen tener piscinas y jacuzzis interiores o exteriores. Se debe evitar la iluminación excesiva o las técnicas similares a las de un gimnasio, ya que corren el riesgo de provocar un deslumbramiento directo y un desperdicio de energía. En el caso de las piscinas cubiertas, el nivel de actividad previsto determina las recomendaciones de iluminación. Consulte la Tabla 22.4 para conocer las definiciones del nivel de actividad en interiores. La iluminación dentro de las piscinas y jacuzzis es necesaria para la observación de los ocupantes y para un uso cómodo durante las horas de funcionamiento en oscuridad o cuando la luz del día es insuficiente. Se debe consultar a los proveedores de dichos equipos para obtener recomendaciones sobre los requisitos de potencia y lúmenes de las luminarias subacuáticas para una situación determinada. Todos los criterios de piscina descritos en la Tabla 28.2 están destinados a la relajación y al ejercicio no competitivo. Para situaciones competitivas, consulte 35 | ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN. La Figura 28.6 ilustra una aplicación de piscina de hospitalidad cubierta. La iluminación de la

piscina debe planificarse con respecto al mantenimiento y abordarse con el cliente antes de los diseños y especificaciones finales. Los reflejos de velo de las piscinas son comunes en situaciones interiores y exteriores según los ángulos de visión y las líneas de visión. La iluminación natural y eléctrica se puede organizar para limitar los reflejos de velo, pero esto es práctico cuando se puede planificar una vista de posición fija, como la de un salvavidas, o cuando se utilizan gafas con lentes polarizadas como en situaciones al aire libre. En el caso de las piscinas al aire libre, el nivel de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna determinan las recomendaciones de iluminación. Consulte la Tabla 22.4 para conocer las definiciones del nivel de actividad exterior nocturna. La iluminación dentro de las piscinas y jacuzzis es necesaria para la observación de los ocupantes y para un uso cómodo. El deslumbramiento directo en cualquiera de las aplicaciones de acondicionamiento físico se puede minimizar con enfoques que utilicen equipos de bajo voltaje, equipos con lentes o rejillas, ópticas de regresión profunda e iluminación indirecta. Los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y los requisitos y el diseño de los mismos deben coordinarse entre el equipo de diseño.

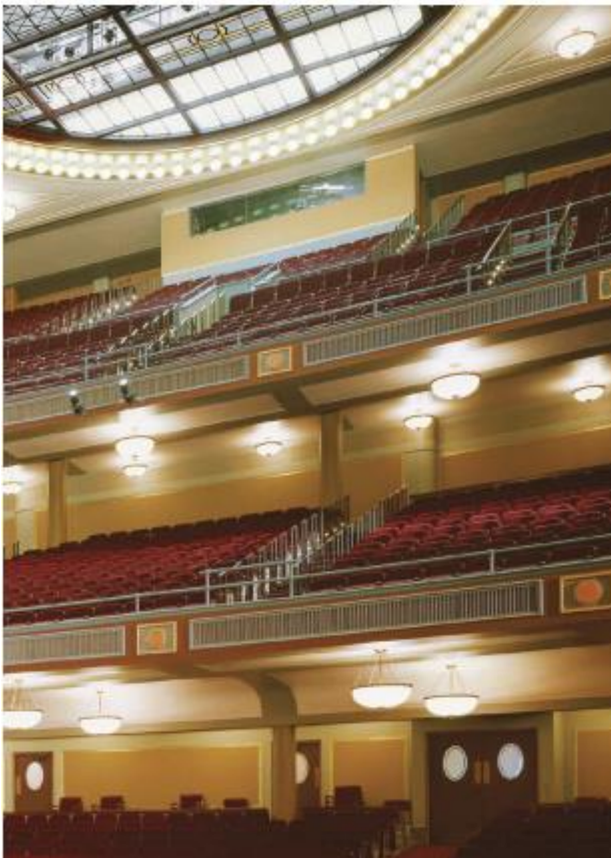


FIGURA 28.4 | CABINA DE CONTROL

La cabina de sonido e iluminación de este gran auditorio (arriba en el centro) alberga los paneles de control de sonido e iluminación y puede alojar focos de seguimiento. Algunos de los instrumentos de iluminación teatral controlados desde la cabina son apenas visibles en una "junta" en la luz de fondo (arriba a la izquierda). » Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

La luz de fondo es un elemento o característica arquitectónica que es un difusor de luz decorativo que normalmente se coloca debajo de un tragaluz o un monitor de techo. Los patrones de vidrio decorativo o acrílico que oscurecen difunden la luz. Cuando no hay tragaluz ni monitor o durante las horas de oscuridad, se utiliza luz eléctrica para iluminar desde atrás el difusor decorativo [4].



FIGURA 28.5 | SALAS DE EXPOSICIONES COMERCIALES

Las técnicas que desde entonces se han abierto camino en el comercio minorista e incluso en otras aplicaciones de iluminación arquitectónica son las ranuras en el techo (en la foto superior) que pueden contener tanto la iluminación de acento de la exposición como la iluminación general para la circulación, el montaje, el desmontaje y la limpieza. Los techos terminados ofrecen una definición espacial y una apariencia refinada, pero sólo pueden acomodar ciertas exposiciones y clientes. Estos son aspectos que deben explorarse en la programación. En la foto inferior, la iluminación general se logra de una manera claramente diferente. Se utilizan aparejos teatrales para montar instrumentos de iluminación donde las exposiciones requieren dicha iluminación focal. Aunque las salas de exposiciones tradicionalmente no hacen uso de la luz natural, los enfoques novedosos para la iluminación natural combinados con medios mejorados de luz natural pueden proporcionar un entorno luminoso dinámico característico de la luz natural junto con ahorros de energía.

» Imagen superior ©GARY CAMERON/XOO()44/Reuters/ Corbis » Imagen inferior ©Car Culture/Corbis

28.2.10 SERVICIO DE COMIDAS

La iluminación del servicio de comidas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. La transición de la cocina al comedor es la más pronunciada y problemática. Las cerraduras de sonido y luz funcionan bien, pero pueden crear problemas de circulación para el personal de servicio. Las zonas de transición donde no se preparan alimentos se pueden utilizar para pasar del comedor a la cocina. Un problema común es la falta de coherencia visual y control del deslumbramiento entre la iluminación de la cocina y el comedor. Esto se puede evitar seleccionando luminarias y técnicas de iluminación que minimicen el deslumbramiento, así como seleccionando lámparas que sean compatibles con la

temperatura de color y la reproducción cromática de las que se encuentran en el comedor. Los operadores de puertas que se cierran de manera rápida y silenciosa también minimizan cualquier perturbación de la luz de la cocina.

Los comedores y bares se iluminan para atraer a la clientela o, en algunos casos, para guiar el proceso. La intención debe establecerse en la programación. Las impresiones subjetivas descritas en la Tabla 12.2 deben guiar la aplicación de los efectos de iluminación. Las iluminancias asociadas con las obras de arte y las características que ayudan con estas impresiones subjetivas se identifican como Acentuación en la Tabla 28.2. Las Figuras 28.7 y 28.8 ilustran los efectos de la iluminación de acento y de característica en aplicaciones de iluminación de restaurantes y bares sobre los sentidos de preferencia y relajación.

28.2.11 JUEGOS

En los casinos, la iluminación establece el estado de ánimo, dirige y mantiene la atención, proporciona iluminación de tareas para la participación en el juego y facilita la vigilancia crítica y necesaria. Cumplir con los requisitos visuales de una o varias de estas funciones puede ser sencillo, sin embargo, cumplir con los requisitos de todas ellas simultáneamente es una tarea compleja. Aunque la programación y el alcance describen las diversas aplicaciones, tareas y actividades involucradas, es necesario consultar con los reguladores y especialistas en vigilancia para desarrollar criterios de iluminancia. Los niveles y uniformidades de iluminancia son extremadamente importantes. La evaluación de las tareas para velar los reflejos es un requisito si las tareas deben ser visibles para la clientela y el personal de seguridad en el lugar o en posiciones de monitoreo remoto. Los CCT de las lámparas típicamente en el rango de 2700 K a 3000 K con CRI ≥82 son apropiados en estos entornos festivos o similares a clubes. En las proximidades de las mesas de juego, las iluminancias verticales deben iluminar suave y uniformemente los rostros de los jugadores. Las mesas generalmente se iluminan desde una variedad de posiciones para minimizar los efectos de sombras y deslumbramiento de fuentes individuales. Esto también permite que el juego continúe en caso de que falle una luminaria. La iluminación suave de las superficies de fondo o de las características icónicas o artísticas limitará el contraste fuerte entre las áreas de juego y los fondos. Muchos juegos están iluminados internamente y están sujetos a reflejos veladores. Las orientaciones de las tareas deben analizarse con respecto a las técnicas de iluminación y la dirección de la luz. Esto puede implicar una serie de estudios de modelos virtuales y, en última instancia, una maqueta física. Durante la revisión de criterios con los reguladores y los especialistas en vigilancia, se debe realizar una evaluación de las edades visuales probables esperadas de más de la mitad de los observadores y cómo esto afecta la determinación de la iluminancia para esos observadores y para la vigilancia. Es importante conciliar cualquier disparidad antes de cualquier trabajo de diseño final.



FIGURA 28.6 | PISCINA INTERIOR DE HOTEL

El sencillo esquema de iluminación ilustrado aquí implica luminarias fluorescentes estrechas, discretas y empotradas en el cielorraso y una versión empotrada en la pared, bañadores de pared, luminarias puntuales de acento y de iluminación hacia abajo generales. Con la excepción de las lámparas en las luminarias empotradas en la pared, todas las lámparas exhiben un CCT de 3000 K con CRI ≥82. Las luces de ranura estrechas empotradas en la pared a la derecha están equipadas con lámparas fluorescentes lineales azules para un interés visual más allá del equilibrio de luminancia de luz blanca normal con los medios de luz natural (como los bañadores de pared CMH utilizados en el extremo más alejado). Las luminarias fluorescentes estrechas, discretas y empotradas en el cielorraso y los de iluminación hacia abajo se encienden por separado. Los reflejos de velo son comunes en los cuerpos de agua. Eliminar o controlar significativamente la luz natural es generalmente contrario a la premisa detrás de la iluminación natural de las piscinas interiores. Para minimizar los reflejos que enturbian la luz del día, es necesario planificar con antelación la orientación de la luz del día, fijar las posiciones clave de observación, como las de los salvavidas, y disponer la iluminación eléctrica en consecuencia. Las gafas con lentes polarizadas también pueden minimizar el efecto de los reflejos que enturbian la luz. Los criterios de iluminancia se aplican a la zona de la cubierta y la piscina que se indican en la Tabla 28.2. Según el tamaño de la piscina, la geometría de la sala, el espaciamiento de las luminarias y la óptica, puede que no sea necesario colocar luminarias sobre la masa de agua. Esto facilita el mantenimiento de las lámparas y los balastos.

» Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

28.2.12 HABITACIONES DE HUÉSPEDES

La experiencia del huésped comienza en la entrada del hotel, continúa hasta el vestíbulo de registro, el vestíbulo del ascensor, el pasillo y, finalmente, la habitación del huésped. La iluminación de cada uno de estos espacios debe ser

coherente con la experiencia deseada según lo establecido durante la programación. La habitación del huésped sirve como un hogar lejos del hogar y como una escapada si es por placer o negocios. Los efectos de iluminación serán proporcionales a:

• La estatura deseada del hotel, como en las clasificaciones de viajes

• El mercado, como un resort, una propiedad comercial de primera clase o un alojamiento económico

• La estrategia de precios

• La competencia

• La edad probable de los huéspedes

Incluso cuando se trata de las propiedades y comodidades más básicas, la iluminación debe satisfacer las necesidades comunes de la vida. Los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 28.2 están destinados principalmente a estar orientados a las tareas. Las luminarias de cielorraso de múltiples lámparas en la sala de estar y el baño generalmente dan como resultado una iluminación inadecuada e insatisfactoria. Cuando se utilizan luminarias de mesa y de piso, estas deben tener lámparas sin filamento con casquillo dedicado para lograr eficiencia y longevidad del sistema. Aunque las reformas se consideran una medida provisional aceptable en las propiedades existentes, los proyectos nuevos y de renovación deben buscar luces portátiles que estén homologadas y etiquetadas como que cumplen con los requisitos UL/CSA/NOM para lámparas con casquillos especiales. Además, los proveedores de luminarias deben realizar pruebas de calor para confirmar que las configuraciones de lámpara/balasto/controlador se mantendrán dentro de las tolerancias de los fabricantes de componentes para un funcionamiento eficiente y garantizado. Cuando el arte de calidad es una parte importante de la decoración, acentuar una pieza puede mejorar significativamente la apariencia general de la habitación y mejorar la experiencia de relajación o incluso ofrecer un descanso visual de las tareas laborales. La iluminación para leer en las camas puede adoptar diversas formas, desde la tradicional luminaria de mesa hasta el cuello de cisne LED montado en la cabecera. Ambos requieren cierto grado de ajuste por parte del usuario, ya sea de la posición o la intensidad de la luminaria o de la orientación de la tarea para lograr resultados satisfactorios. Las potencias de la luminaria, la distribución de la luz y la ubicación deben ser suficientes para cumplir con los criterios de iluminancia de la Tabla 28.2. Aunque la Figura 28.9 ilustra una suite de invitados en un hotel de 4 estrellas, los conceptos ilustrados para la iluminación en la cabecera de la cama son cada vez más comunes en las habitaciones estándar.

En el caso de escalones, se debe utilizar iluminación para delimitar los cambios de elevación de los escalones. Según el diseño del escalón o los escalones, pueden ser suficientes las franjas de contraste. De lo contrario, es necesario utilizar franjas de contraste con iluminación desde arriba o tragaluces integrados en las paredes laterales, contrahuellas o salientes de los escalones. El equipo de diseño debe tener cuidado de adaptarse a un ciclo de sueño sin luz. Las luces de noche pueden ser adecuadas en suites más grandes, habitaciones con escalones o donde el baño no está alineado directamente con la cama. Una o varias claraboyas integradas arquitectónicamente ubicadas estratégicamente pueden cumplir esta función. Para limitar las perturbaciones del sueño, estas deben estar conectadas a temporizadores o fotocélulas y sensores de ocupación. Para limitar mejor las perturbaciones del ritmo circadiano durante un viaje rápido al baño en mitad de la noche, son adecuadas las fuentes de longitud de onda larga, como los LED que producen espectros entre 600 y 620 nm. Los armarios pueden ser problemáticos, ya que suelen ser espacios pequeños donde las limitaciones del código sobre la ubicación y el tamaño de las luminarias pueden excluir todas las luminarias, excepto una simbólica sobre el dintel de la puerta. En estas situaciones, puede resultar ventajoso instalar luminarias en el exterior, pero inmediatamente adyacentes al armario. Como mínimo, la iluminación del armario debe consistir en lámparas eficientes y de larga duración, adecuadas para ciclos de encendido y apagado frecuentes. Las luminarias en el interior de los armarios deben controlarse mediante interruptores de contacto en las puertas o sensores de ocupación. Los sensores de ocupación

deben ubicarse de manera que detecten inmediatamente la actividad del armario sin que se produzcan falsas alarmas debido a la actividad de la habitación contigua.

Un control maestro de toda la iluminación de la habitación de huéspedes que esté vinculado a la ocupación es lo más eficaz para minimizar el consumo de energía y maximizar la vida útil del sistema. Un sistema emplea un interruptor con tarjeta-llave en la entrada de la habitación que activa la energía de todos los interruptores de luz de la habitación de huéspedes una vez que el huésped coloca la tarjeta-llave de la habitación en la ranura correspondiente. Cuando se saca la llave de la ranura, se corta la energía de todas las luces.



FIGURA 28.7 EL COMEDOR

La iluminación de tareas del comedor se combina con la iluminación decorativa para cumplir con los criterios de iluminancia y realzar las variaciones de material y color en este comedor. Con la excepción de la ranura de neón curvilínea de color cobre y las luminarias fluorescentes de la cocina, la iluminación se logra con LED de 2700 K y 3000 K que exhiben CRI de ≥82. El color de la pintura del detalle de la ranura se combinó con el color de la lámpara de neón a través de una maqueta para lograr un efecto visual óptimo. La cocina abierta está iluminada con luminarias empotradas de 2x2 con rejillas de lamas acanaladas profundas con lentes superpuestas para cumplir con los requisitos de las áreas de preparación de alimentos. Las lámparas fluorescentes son de 2700 K para un color de luz uniforme con el comedor.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

28.2.13 LA ILUMINACIÓN DE IT

Para las instalaciones de IT se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

28.2.14 LA ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTO

Para las instalaciones de estacionamiento se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

28.2.15 LA ILUMINACIÓN DE VÍAS PEATONALES

Para vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

28.2.16 LECTURA Y ESCRITURA

La iluminación para lectura y escritura se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Las tareas de lectura y escritura ocurren dentro de varias aplicaciones. La familiaridad con estas tareas ayudará con la evaluación de tareas y actividades de aplicaciones específicas. Esto puede resultar en la recomendación de criterios de iluminancia diferentes a los propuestos en la Tabla 28.2 para una aplicación particular. Por ejemplo, si el mostrador de recepción en un gimnasio también funciona como escritorio de trabajo para empleados, entonces una cita de tarea de fuente de 8 y 10 pt. en papel mate o con tinta mate puede ser una recomendación adecuada y debe deliberarse con el cliente.

28.2.17 SPAS

Los spas son las aplicaciones más indulgentes donde los objetivos incuestionables de descanso, relajación y autoestima se logran mimando el cuerpo y la mente. Quizás en ninguna otra aplicación es tan crítico el rendimiento de la luz y donde menos iluminancia es más. Al igual que con otras aplicaciones de hospitalidad, las CCT de lámpara de 2700 K a 3000 K con CRI ≥82 son apropiadas para imitar los efectos más reconfortantes de la iluminación de filamento tradicional. Las iluminancias altas son necesarias en las áreas de trabajo donde se realizan peinados, manicuras y pedicuras. Sin embargo, las iluminancias asociadas con manicuras y pedicuras son mejores cuando se limitan estrechamente al área de tarea aproximada involucrada. El equipo de iluminación con ópticas bien controladas para evitar el deslumbramiento es mejor. Para el peinado, es necesario un "brillo en la cabeza" general para el trabajo de los estilistas y para las vistas periódicas de los clientes reflejadas en el espejo. Aquí, la iluminación debe ser relativamente suave y multidireccional desde arriba y desde el frente. Esto evita sombras y reflejos fuertes y limita las sombras indeseables debajo de los ojos, la nariz y el mentón. En el laboratorio de coloración del cabello, lo mejor es un sistema de iluminación combinado en el que las lámparas con CCT de 2700 K a 3000 K y CRI ≥82 estén disponibles en una zona de control y lámparas con CCT de 5000 K a 6500 K y CRI ≥85 estén disponibles en una segunda zona de control. Esto ofrece tres condiciones en las que revisar el color.

Se requiere una programación cuidadosa para establecer qué espacios requieren equipos con clasificación IP y clasificación para ambientes húmedos. Consulte la Tabla 15.4 | Sistema de Clasificación IP. Los saunas y los baños de vapor son entornos difíciles para la mayoría de los equipos de iluminación, incluso los que tienen clasificación IP y clasificación para ambientes húmedos UL/NRTL en los EE. UU., por ejemplo. El vapor es omnipresente y las oscilaciones de temperatura pueden hacer que el agua penetre en los equipos con juntas. Cuando se trate de estos espacios, consulte con el proveedor de las plantillas y los equipos de la sala y con los vendedores de luminarias antes de la selección y especificación. Los sistemas de iluminación secundarios proporcionan la iluminación necesaria para la limpieza en muchos de los espacios de tratamiento y otros espacios con poca luz.

28.2.18 ESPACIOS DE APOYO

Estos lugares detrás de la casa se explican por sí solos. Para fines de conveniencia de mantenimiento y donde estos espacios lindan con áreas ocupadas, los tipos de lámparas y calidades de color deben coincidir con los utilizados en otras partes de la instalación en diseño.

28.2.19 TEATROS

Los teatros de cine y teatros sirven diferentes funciones y tienen diferentes requisitos de iluminación, aunque muchos de los nombres de aplicaciones y tareas son comunes a cada uno. Los teatros de escenario utilizan instrumentos de iluminación seleccionados, dispuestos y controlados de acuerdo con las especificaciones y planes de los diseñadores de iluminación de teatro profesionales para iluminar a los artistas y el escenario según los requisitos de la producción específica para el beneficio de la experiencia de entretenimiento de la audiencia. Esta iluminación de escenario requiere una amplia infraestructura para montaje, energía y control.

La iluminación arquitectónica o de "casa" en el teatro propiamente dicho debe exhibir un rango de atenuación excelente y una reproducción cromática muy alta (CRI ≥85). Todas las lámparas deben ser capaces de seguirse entre sí a velocidades y calidad de atenuación similares, si no idénticas. De lo contrario, los cambios de iluminación abruptos, la atenuación no sincronizada entre los tipos de luminarias, como apliques decorativos, luces de paso y candelabros, o los cambios de color perturbadores, disminuirán la calidad de las experiencias de los espectadores en el evento.

El CCT y el CRI de las lámparas en las luminarias en las áreas de trabajo de entrega y puesta en escena deben ser similares, si no idénticos, a los utilizados en los instrumentos del escenario teatral para evitar una apariencia de color indeseable de la escenografía y los accesorios en el momento del espectáculo.

La acústica, los rangos de atenuación y la cantidad, si la hay, de equipo remoto son consideraciones importantes al seleccionar lámparas, luminarias y controles para la iluminación arquitectónica o de casa para el teatro propiamente dicho, especialmente para teatros de presentaciones en vivo. La acústica por sí sola puede impedir el uso de lámparas fluorescentes y LED en algunas aplicaciones. Examine cuidadosamente la lámpara, la luminaria, el balasto, el controlador, el transformador y los dispositivos de control. Las maquetas operativas son las mejores. La atenuación de calidad de rendimiento es adecuada. La Figura 28.10 es una ilustración de la iluminación de la sala en un teatro con algunos instrumentos teatrales energizados para resaltar o "calentar" la cortina (de ahí que se los llame comúnmente calentadores de cortina).

Los requisitos de iluminación del pasillo antes, durante y después de un evento deben planificarse para permitir un acceso seguro y conveniente dentro y fuera de la sala en cualquier momento sin crear sombras o reflejos molestos de las personas que se dirigen hacia y desde los asientos. Cuando se proyectan películas, lo mejor es utilizar la menor cantidad de luz ambiental posible del sistema de iluminación arquitectónica de potencia normal en la pantalla propiamente dicha. Dependiendo de los requisitos jurisdiccionales, el tipo de teatro y los requisitos de programación del cliente, el uso de iluminación de tiras LED en miniatura para caminar sobre el piso con vista directa puede ser adecuado para demarcar los cambios de elevación.

28.2.20 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación de los baños y vestuarios debe cumplir con los requisitos funcionales de los criterios de iluminancia que se describen en la Tabla 28.2. Si se aborda el problema de los artefactos de plomería, se proporcionará suficiente luz donde sea necesaria sin iluminar en exceso todo el baño. Los tocadores son más problemáticos cuando se diseña poca o ninguna iluminancia vertical para iluminar un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros) frente al espejo. Los apliques de pared, los pequeños colgantes entre cada lavabo, los detalles de las ranuras de la pared que iluminan las paredes superiores de color claro por encima del espejo o alguna combinación de ellos son todas técnicas adecuadas. Consulte la Figura 22.7.

La luz vertical sobre los frentes de los casilleros ayudará con el uso de los mismos.



FIGURA 28.8 | BAR

Hay momentos en los que, independientemente de la disponibilidad de luz natural, algunas luces permanecen encendidas simplemente para identificar que un establecimiento está abierto al público. En este bar de hotel, la barra trasera está iluminada, al igual que el punto focal de la península. La iluminación decorativa superior consta de módulos con múltiples lámparas dispuestos en un patrón algo curvilíneo y ondulado. La iluminación de dos zonas permite que una zona se apague mientras que las pantallas brillan. Los horarios de funcionamiento alternativos de qué zona se apaga en qué días pueden prolongar la vida útil de los balastos y las lámparas. Esto extiende el reemplazo de lámparas en grupo. La temperatura de color de la lámpara es de 3000 K con un CRI ≥82. Los materiales de las pantallas están adaptados al color de las lámparas CFL para brindar una calidad de color de lámpara de filamento.

» Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-phctographics.com

***La atenuación de calidad de rendimiento** que se utiliza aquí se refiere a una atenuación suave y continua desde la salida máxima (100 %) hasta una salida extremadamente baja (≤0,1 %) y viceversa. Esta atenuación se logra a una tasa de atenuación constante y programable o manual y puede mantener un estado estable estático en cualquier punto a lo largo del continuo para una calidad igual a la que se logra cuando se emplea la atenuación adecuada de las lámparas de*

filamento. Las estrías, los escalones visuales, los "picos" brillantes intermitentes o los destellos o cortes repentinos, los cambios de color u otras perturbaciones visuales son inaceptables durante la atenuación o las condiciones estáticas. La atenuación de calidad de rendimiento es adecuada cuando un desvanecimiento continuo y completo a negro es parte de la experiencia, como la transición del intermedio a una función en un teatro.



FIGURA 28.9 | SUITE DE INVITADOS

Las luminarias colgantes de la mesita de noche y las luminarias de lectura LED de cuello de cisne se combinan con la iluminación ambiental de una moldura del cielorraso. Las luces empotradas en el perímetro proporcionan iluminación para la zona de estar. Las escenas preestablecidas disponibles desde los teclados de la mesita de noche y del lado de la puerta son VESTIRSE, LEER, TV, LUZ NOCTURNA y APAGADO.

» Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

28.2.21 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

En las instalaciones de hospitalidad y entretenimiento, varios espacios hacen la transición de una aplicación a otra. Algunos de estos se consideran *detrás de la casa* y están disponibles sólo para los empleados. La mayoría son espacios públicos y muchos de estos pueden tener una secuencia particular de paso, ser de naturaleza ceremonial o de especial importancia. Para cumplir adecuadamente estas funciones, las impresiones subjetivas descritas en la Tabla 12.2 deben guiar la aplicación de los efectos de iluminación. Las iluminancias asociadas con las obras de arte y las características que ayudan con estas impresiones subjetivas se describen en la Tabla 28.2. Las Figuras 28.11 y 28.12 ilustran un vestíbulo de hotel iluminado con las iluminancias descritas en la Tabla 28.2 utilizando sistemas de iluminación ambiental, de tareas y de acento. La Figura 28.12 ilustra la iluminación del vestíbulo de un motel.

28.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se incluyen notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 28.2.

28.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 28.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado hacer referencias cruzadas entre

aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para los tipos de espacios o funciones cambian para adaptarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 28.2 para determinar si alguna aplicación o tarea presenta un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

28.3.2 NOTAS

Las notas de la Tabla 28.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

28.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDA, RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea posible y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de pérdida de luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en que se deba realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas del grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen un uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que la limpieza y el cambio de lámparas del grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben formar parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces la LLD sólo debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lúmenes que certifique el proveedor del LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de Lúmenes.





FIGURA 28.10 | TEATRO

La renovación de este teatro implicó la reutilización de las luces empotradas del cielorraso existentes, la introducción de una pasarela en el proscenio y nuevos asientos, pisos y paredes. Antes de la renovación, sólo existían luces empotradas como iluminación de la sala. Para iluminar la sala y generar interés visual para el pre-show y el intermedio, se introdujo una secuencia de soportes de pared lineales con diferentes tamaños y espaciamientos de apliques. Los apliques consisten en una luminaria de vidrio modular (detalle derecho) utilizada en grupos simples y múltiples según lo consideró necesario el equipo de diseño para fluir con la altura de la pared, la pendiente del piso y las configuraciones del balcón. Cada módulo de aplique está equipado con lámparas de filamento halógeno seleccionadas para un funcionamiento silencioso, una atenuación suave, continua y profunda, y sin requisitos de equipo remoto. Los reflejos de la lámpara del acabado de madera satinada generalmente se consideran aceptables, si no deseables, desde la "fuente puntual" de las lámparas de filamento halógeno. Sin embargo, los reflejos de los LED de "fuente puntual diminuta" y de las lámparas fluorescentes de "fuente de área grande" son típicamente indeseables. La pasarela, agregada para introducir mejores posiciones de iluminación del escenario, obligó a retirar una fila de luces empotradas. Para mantener la iluminación en las posiciones de asientos de la orquesta, se introdujeron ranuras de luz arquitectónicas. Las luces empotradas existentes se reemplazaron con lámparas halógenas PAR38 de menor potencia de R120v. Algunos instrumentos teatrales también se energizan en esta vista para resaltar o "calentar" el telón (de ahí que se los llame comúnmente calentadores de telón).

» Imagen ©Ron Blunt Photography

Los objetivos citados son de consenso y recomendados para la respectiva actividad funcional. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 28.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, típicamente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para iluminar pizarrones blancos, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas dentro de la vecindad o por cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito. En algunas situaciones, no se anticipa luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o se recomienda luz cero para la tarea o aplicación.

28.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y el objetivo de iluminancia se debe determinar en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo planar típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente.



FIGURA 28.11 | VESTÍBULO DE HOTEL

Un vestíbulo/salón/área de registro de varios pisos se ilumina utilizando enfoques de iluminación ambiental, de trabajo y de acento combinados. Esta vista es del salón como se ve desde el vestíbulo de registro. La iluminación ambiental se basa en los criterios de iluminación de la Tabla 28.2 para ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones/Áreas sociales/de espera. La iluminación de trabajo se basa en los criterios de iluminancia de ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones/Áreas de lectura/trabajo. La iluminación de acento se basa en ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Acentuación/Pared decorativa Tabla 15.2/Suave (~5 a 1 desde la pared decorativa Ev hasta la ambiental Eh). Para introducir contraste más allá del logrado con el acento, se utiliza luz de color. Las luminarias ambientales lineales son ranuras de cielorraso que generan un brillo indirecto utilizando lámparas fluorescentes azules T5HO. Todas las demás luminarias están equipadas con lámparas CFL o CMH que presentan un CCT de 3000 K y un CRI ≥82.

» Imagen ©Kevin Beswick, www.ppt-photographics.com

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (Eh,) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En algunas aplicaciones, como los estudios de arte convencionales que se adaptan a una variedad de medios, formas de arte y géneros, las iluminancias de plano horizontal y vertical abordan la situación común del estudio donde simultáneamente una parte o parte de la obra está en planos horizontales mientras que otra parte o parte de la obra está en planos verticales.

Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en "Notas". Por ejemplo, para la mayoría de los pasillos (ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Pasillos de Circulación), las iluminancias horizontales se aplican al plano del piso mientras que las iluminancias verticales se aplican a una altura del plano de cara de pie de 5' AFF orientado en las dos direcciones principales de viaje. Aunque la naturaleza de la iluminación arquitectónica en muchos pasillos es tal que la iluminancia objetivo se cumplirá coincidentemente en las elevaciones de 3' y 4' AFF, el diseñador puede optar por establecer la elevación de criterios para la iluminancia vertical en 3' AFF o en un rango de 3'-5' AFF para asegurar que la iluminación facial para niños y personas en sillas de ruedas cumpla con el objetivo. Es necesario establecer y rastrear las orientaciones de las tareas y abordar tanto la iluminancia horizontal como la vertical. Si las orientaciones en el proyecto en consideración están programadas para que se inviertan con respecto a lo que podría considerarse una visión normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas”. Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales pueden estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son los más apropiados para la situación. Por ejemplo, en una sala de exposiciones, para Ev, (SALAS DE EXPOSICIONES/Exposición General tanto para entornos con mucha luz como con poca luz), la cantidad y la orientación de los puntos planos verticales evaluados dependen del diseño de la sala de exposiciones. Para la mayoría, un diseño universal es apropiado y, por lo tanto, son de interés al menos cuatro planos verticales. Uno en cada una de las cuatro direcciones cardinales del plano.

28.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el cliente. Puede determinarse que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto al que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede dar como resultado una iluminación excesiva, insuficiente, intensa, desagradable o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como en las videoconferencias, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la cámara y, por lo tanto, no está vinculada a las edades de los observadores.

28.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Se muestran en la Tabla 28.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

28.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se controlan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento de los objetivos, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande. En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier

desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el momento del diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.



FIGURA 28.12 | LOBBY DE MOTEL

Las luces empotradas bien espaciadas que exhiben una distribución de luz intensa en el mostrador de registro pueden proporcionar una iluminación eficaz en la pared para el acento y en el mostrador de registro para las tareas. La iluminación empotrada concentrada en las áreas de asientos y de elementos decorativos proporciona luz ambiental, pero con cierto grado de realce de acento que se perdería con un patrón general de iluminación empotrada. Los colgantes y apliques decorativos en sí mismos brindan cierto acento y ayudan con la escala humana y el interés visual y suavizan la dureza de la iluminación empotrada sola.

» Imagen ©Jonathan Ross/Space Images'Corbis

28.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar molestias visuales, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, en particular aquellas con respecto a iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea citada primaria. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna. Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente la tarea visual, más ajustada debe ser la relación.

28.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

28.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que una iluminación demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

28.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que una variación excesiva en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

28.3.5 MEJORA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, en la que se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

28.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como algunas consolas de videojuegos y monitores de visualización, que pueden estar en diferentes planos, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones/tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": blanco y negro indica alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; gris pálido y blanco indica cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y dirección generales de la luz natural con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden proteger o aislar. Puede ser eficaz emplear iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o ubicar tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas.

28.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte

12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.21 | Ejemplo de Cobertura de Tareas. En algunas situaciones, como el acentuado, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar una “pared característica” o un “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tareas y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tareas cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 28.2.

Otra área de cobertura es la “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que ocurran las aplicaciones/tareas. El área designada se establece típicamente por la disposición del mobiliario, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 28.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” resultaría en cierta cantidad de reducción de LPD en comparación con la cobertura de “sala o área designada”. Si la tarea se puede limitar a un área en lugar de a múltiples áreas, si la sala o área en la que se ubica la tarea es en sí relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los otros objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

RECURSOS ECONÓMICOS DE IESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre estimación de costos

• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE IESH/10e

> 17.2 Nueva Construcción

• para obtener más información sobre el diseño para la iluminación natural

• para obtener más información sobre los equipos de iluminación eléctrica

• para obtener más información sobre los controles de iluminación

> 17.4 Códigos, reglamentos y normas de iluminación

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para obtener más información sobre las normas de los equipos

RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE IESH/10e

> 12.5.5.6 Iluminancias Exteriores Nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en la adaptación mesópica

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para obtener más información sobre los criterios

RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD DE IESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad

• para obtener más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para obtener más información sobre controles

• para obtener más información sobre recursos de la tierra

• para obtener más información sobre energía

• para obtener más información sobre análisis del ciclo de vida

• para obtener más información sobre diseño de iluminación

• para obtener más información sobre reciclaje

28.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para instalaciones de hospitalidad y entretenimiento y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas de eficiencia energética y sostenibilidad son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• utilizar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• utilizar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan exactamente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales al aire libre

• utilizar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para demostrar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• documentar los criterios y desviaciones de diseño y la justificación y posterior disposición por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas.

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los observadores, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la tierra menos se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto o cuánto valor de ingeniería se ahorró o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La presupuestación debe incluir el aporte del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al inicio del proyecto y en los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, en efecto, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

28.5 REFERENCIAS

[1] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. 2008. Table E5A. In: Electricity Consumption (kWh) by End Use for All Buildings, 2003 [Internet]. DOE. [cited December 2008]. Available from: http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html#enduse03.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 13, 15.

[3] [IESNA] Illuminating Engineering Society. 2009. Stage Lighting - A guide to the planning of theatres and auditoriums DG-20-09. New York: IESNA. 32 p.

[4] Steffy G. 2008. Architectural lighting design. 3rd edition. Hoboken: John Wiley & Sons. p 161.


©2003 Gene Meadows

29 | ILUMINACIÓN PARA BIBLIOTECAS

Los libros son las lámparas siempre encendidas de la sabiduría acumulada.

George William Curtis, escritor estadounidense del siglo XIX

CONTENIDO

Las bibliotecas satisfacen las necesidades de información de un público amplio. Por ejemplo, en Estados Unidos, en 2007, la circulación fue de cerca de 2.200 millones de ejemplares, de los cuales aproximadamente el 35% correspondió a ejemplares para niños. 292 millones de estadounidenses fueron atendidos por bibliotecas públicas. [1] Las bibliotecas son un componente integral de la educación, ya sea la biblioteca escolar o la biblioteca comunitaria pública.

Las bibliotecas son archivos de referencia, instituciones de préstamo sin intereses, portales de acceso a la World Wide Web y salas de estar y de estudio. La iluminación desempeña un papel importante para incitar a la gente a utilizar las bibliotecas y, una vez allí, a utilizar los recursos de la biblioteca con eficiencia y comodidad. El atractivo y la funcionalidad son atributos generales a los que debe aspirar el diseño de iluminación de las bibliotecas. La iluminación natural y las vistas pueden hacer importantes contribuciones. A continuación se presenta un análisis de los aspectos clave que afectan a la iluminación: estado del proyecto; tipos de espacios; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminación en las instalaciones de las bibliotecas.

Los esfuerzos de diseño integrales implican la combinación de la información de este capítulo con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar los objetivos y las estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para bibliotecas que deberían influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (consulte 15.2 Un Esquema

de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con IES sirven como fuentes de archivo y referencia. [2] [3].

Se debe pensar deliberadamente en detalles que van más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en las salas de escucha de audio, la calidad de la sala de estar debe obligar a los posibles clientes a entrar y participar en el proceso. El interés visual es adecuado y, por lo general, no se puede lograr simplemente sobre la base de criterios de iluminancia de la tarea o la aplicación. Es necesario acentuar las vistas espectaculares tanto de día como de noche. Otro ejemplo: las estanterías de revistas requieren iluminaciones verticales para atraer y mantener la atención de los clientes. Lograrlas con bañadores de pared o acentos montados en el cielorraso o empotrados puede conducir sólo a un problema de sombras cuando los clientes se acercan a las estanterías para ver las revistas. Estas situaciones deben estudiarse cuidadosamente antes de recomendar soluciones, en particular aquellas que parecen obvias. Este tipo de detalles específicos no se enumeran para la mayoría de las tareas. La Tabla 29.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación interior y exterior y de energía establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes y reemplazar los criterios IES. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

29.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades.

Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Dado el horario de funcionamiento de las escuelas primarias y secundarias y las bibliotecas públicas, la iluminación natural puede ser una fuente de luz primaria para muchas bibliotecas. Esto significa abordar de manera crítica la gran cantidad de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige una atención determinada para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

29.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios de la biblioteca en consideración y los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de los tipos de espacios son necesarias al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de la iluminación, la potencia y la energía. Los nombres de las salas, de los que se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia de las Instalaciones de la Biblioteca deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Solicite una aclaración al cliente en caso de que se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de las salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 29.2.

El siguiente análisis se basa en los principales encabezados de aplicaciones de la Tabla 29.2. Combine esto con los temas de la Tabla 29.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

Tabla 29.1 | Lista de verificación de Iluminación para Biliotecas

Tópicos
✔ Recursos de Criterio y Diseño
Acentuación
15.1.1.3 **Iluminación de Acento**
Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes
Apariencia
12.2 **Factores Espaciales**
Color
12.5.6 **Consideraciones de Color**
Controles
16 | **CONTROLES DE ILUMINACIÓN**
Luz Diurna
14 | **DISEÑO CON LUZ DIURNA**
Luz Eléctrica
15 | **DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA**
Parpadeo
4.6 **Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal**
Deslumbramiento
4.10.1 **Deslumbramiento Incómodo**
4.10.2 **Deslumbramiento Incapacitante**
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 29.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Tabla 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
12.5 | Recomendaciones de Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 **Instalación y Mantenimiento**
Entorno Exterior Nocturno
Tabla 15.6 / Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto del Medio Ambiente Exterior
Integración de Sistemas
12.6 **Factores de Sistemas**
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 29.3.6
12.5.4 **Relexiones tipo Velo**
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 29.2
Este Capítulo: Cuadro 29.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 **Tareas Visuales**
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

29.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta la percepción de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación de Acento.

29.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación para áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de las tareas variarán según la instalación de biblioteca asociada, desde una escuela hasta una universidad pública, un colegio comunitario, un colegio universitario o un complejo de viviendas para personas mayores. Estas distinciones pueden afectar el diseño de la iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias. La administración de la biblioteca puede estar dispersa por toda una instalación o campus o puede estar centralizada en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y de los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas es compatible o diferente al de las otras aplicaciones en las instalaciones de la biblioteca. Algunas bibliotecas pueden no tener un área administrativa dedicada, pero comparten la administración con la entidad más grande, como una escuela o un complejo de viviendas para personas mayores.

29.2.3 AUDITORIOS

La iluminación de los auditorios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Para las bibliotecas públicas, los auditorios funcionan como salas de conferencias, presentaciones informativas y mensajes públicos, sitios de prueba, foros de debate e instalaciones para reuniones de juntas comunitarias. Los controles y su facilidad de uso son particularmente importantes en estos entornos públicos donde el personal de la biblioteca puede no estar disponible y los usuarios no están familiarizados con el funcionamiento del sistema de iluminación. Aquí, se utilizan ajustes preestablecidos simples de 3 o 4 escenas con teclados bien etiquetado los puntos de entrada y salida y la posición de presentación o sus alrededores son apropiados. Todo el uso del sistema es simple y conveniente, el diseño para lograr esta simplicidad debe adaptarse a las diversas tareas esperadas en cada escena. Por ejemplo, en una escena de PRESENTACIÓN AV, las luces de la sala pueden ser muy tenues o apagadas si hay luces de pasillo disponibles. Los acentos de los oradores se energizan, tal vez a un nivel atenuado. Sin embargo, este acento debe diseñarse de modo que la luz dispersa no esté presente en la pantalla AV adyacente o cercana. Por lo tanto, este acento de los oradores se puede lograr con diferentes luminarias y lámparas que las utilizadas en una escena de CONFERENCIA donde no hay AV involucrado. El diseñador debe rastrear las diversas tareas y abordar cada una, tal vez de manera diferente, en cada escena. La Figura 29.1 ilustra un pequeño auditorio con asientos fijos en una biblioteca comunitaria.

29.2.4 ENTRADAS AL EDIFICIO

La iluminación para las entradas del edificio se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Dado que muchas bibliotecas se utilizan ampliamente en las horas de la noche, los niveles de actividad pueden ser altos en las entradas. El horario de funcionamiento puede cambiar según el día de la semana. Esta información debe ser evidente en el programa y los criterios de iluminación deben abordar el nivel de actividad. Otra variable que exige atención antes de recomendar criterios de iluminación es la zona de iluminación nocturna exterior. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar varios ajustes en varias noches mediante intervención manual, reloj automático y funciones de fotocélula. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación o en la que el equipo y el cliente eligen diseñar afecta los criterios de iluminación para las tareas al aire libre.

Las designaciones de zonas de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar del equipo. Estas se analizan en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Consulte también la Tabla 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto Ambiental Exterior.

Las necesidades de seguridad fuera del horario laboral, como el monitoreo en el sitio o remoto, pueden requerir que algunas luminarias en las entradas del edificio permanezcan energizadas durante la noche. Las zonas de control y las funciones del reloj deben diseñarse en consecuencia. Cuando la monitorización remota se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede resultar innecesaria, o incluso indeseable.

29.2.5 AULAS

La iluminación para las aulas se analiza en 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN.

29.2.6 CONFERENCIAS

La iluminación de las instalaciones para conferencias se aborda en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. En las salas de reuniones multiuso, los controles preestablecidos establecen configuraciones apropiadas para varias tareas. Los controles deben ser fáciles de operar y estar claramente etiquetados. Cuando es probable que las salas de reuniones se utilicen para pasatiempos, como coleccionar sellos y monedas o tejer y hacer acolchados, el diseñador debe revisar la probabilidad y las frecuencias, así como las implicaciones de diseño con el cliente. El diseñador debe determinar los criterios para estas tareas específicas en una sala de reuniones o conferencias. Los criterios pueden estar disponibles en otros capítulos de aplicación, como 33 | ILUMINACIÓN PARA RESIDENCIAS, donde se pueden encontrar citas de INTERIORES RESIDENCIALES/Artes, manualidades y coleccionismo e INTERIORES RESIDENCIALES/Costura/Costura a mano o tejido.

29.2.7 GALERÍAS DE EXPOSICIONES

La iluminación para las galerías de exposiciones se trata en 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE. Muchas bibliotecas poseen colecciones de historia, recuerdos, libros distinguidos, si no raros, y cultura popular. Las bibliotecas también tienen acceso a exposiciones itinerantes. Son comunes los espacios dedicados a exposiciones, así como los espacios reservados para exposiciones temporales que se intercalan en las colecciones de libros. La iluminación debe planificarse en consecuencia para estas exposiciones y exhibiciones permanentes y temporales. Las soluciones de iluminación deben limitar o eliminar la radiación ultravioleta e infrarroja en las inmediaciones de las exposiciones. Esto puede requerir una selección cuidadosa de las lámparas o de luminarias con opciones de filtro. Las exposiciones y su escala se relacionan con el tamaño de la biblioteca y los intereses de la comunidad. La figura 29.2 ilustra una exposición temporal relativamente grande.



FIGURA 29.1 | AUDITORIOS DE LA BIBLIOTECA

Como parte de un centro de conferencias más grande para esta biblioteca comunitaria, se utiliza un auditorio con asientos fijos para conferencias y presentaciones. La flexibilidad de la iluminación es importante, pero no es necesario que incluya más de tres o cuatro escenas (como BRILLO [mostrado aquí], TENUE, AV y APAGADO). La iluminación indirecta de las molduras ofrece una luz suave y difusa y, cuando se combina con la iluminación descendente, proporciona un buen modelado de la fachada, lo que es importante para fines de retroalimentación para un orador o panelista. Desde esta vista, se produce un reflejo especular de la iluminación de la molduras en el cielorraso de madera. Esto no lo ve el público excepto cuando la gente sale del auditorio. Los acabados mate reducirían el efecto, pero la contrapartida es una pérdida de profundidad y textura de la veta de la madera.

» Imagen ©2005 Gene Meadows



FIGURA 29.2 \ BIBLIOTECAS.

En el caso de las grandes bibliotecas, las exposiciones temporales y permanentes son una parte importante del servicio comunitario y de la atracción de usuarios. En este caso, una exposición temporal en 2007 en la Biblioteca Pública de Santa Mónica muestra lo mejor del mobiliario y la iluminación nórdicos. La iluminación debe planificarse en la arquitectura y controlarse en caso de que no haya exposiciones en exhibición pero se lleven a cabo otras funciones programadas, como áreas de lectura entre ciclos de exposiciones. La programación puede requerir que las vitrinas permanentes se intercalen en las colecciones de libros o se ubiquen en galerías de exhibición dedicadas donde las paredes puedan acomodar arte colgado o exhibiciones. La iluminación debe desarrollarse para respaldar estas aplicaciones.

» Imagen ©Kenneth Johansson/Corbis

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) [b c d]									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.										
ADMINISTRACIÓN	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AUDITORIO	Consulte 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN										
ENTRADA A EDIFICIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AULAS	Consulte 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN										
CONFERENCIAS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
Galerías de Exposiciones	Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE										
EXTERIORES	Aplicaciones y tareas para EXTERIORES citadas aquí. Consulte también 26 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
•Papelera de Devolución de Libros											
• General	La iluminación general debe abordar un área de tareas que comprenda la caja de retorno y un margen de 1' 6" más allá de todos los lados expuestos.										
· LZ4[i]	E_h y E_v @3' AFG	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h y E_v @3' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h y E_v @3' AFG	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h y E_v @3' AFG	E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ0 (y toque de queda LZ1[i])	E_h y E_v @3' AFG	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
•Book Return/Pickup	Se presume que está encubierta										
• General	La iluminación general debe cubrir el área encubierta										
· LZ4[i]	E_h y E_v @3' AFG	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· LZ3[i] (and LZ4 curfew)	E_h y E_v @3' AFG	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ2[i] (and LZ3 curfew)	E_h y E_v @3' AFG	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ1[i] (and LZ2 curfew)	E_h y E_v @3' AFG	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ1[i] curfew	E_h y E_v @3' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.
SERVICIO DE ALIMENTOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
IT	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
PROPIO DE LA BIBLIOTECA											
•Salas para Escuchar Audio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Préstamo de Libros											
• Estanterías	Durante las horas de funcionamiento, se deben utilizar sensores de vacancia para reducir los valores de iluminancia a la mitad de los aquí citados, pero no hasta apagarlos.										
· General	E_h @ piso ; de Pila de Libros propios	O	100	200	400	Min					
·Estanterías											
· 1' 0" AFF	E_v @en la cara frontal del estante						M	50	100	200	Min
· 2' 6" AFF	E_h Y E_v @en la cara frontal del estante	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min				
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
	2:1					
	2:1					
4:1	2:1					
4:1 E_v sólo	2:1					

Notas para la Tabla 29.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 29.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 29.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 29.3.1. Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Alternativamente, diseñe tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

k. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones donde s conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propiamente Dich o Área de Tarea".

L. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés según los criterios de iluminancia.

m. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.															
ADMINISTRACIÓN	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
AUDITORIO	Consulte 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN															
ENTRADA A EDIFICIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
AULAS	Consulte 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN															
CONFERENCIAS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
Galerías de Exposiciones	Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE															
EXTERIORES	Aplicaciones y tareas para EXTERIORES citadas aquí. Consulte también 26 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
•Papelera de Devolución de Libros																
• General	La iluminación general debe abordar un área de tareas que comprenda la caja de retorno y un margen de 1' 6" más allá de todos los lados expuestos.															
• LZ4[i]	E_h y E_v @3' AFG	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	4:1	2:1			
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h y E_v @3' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	4:1	2:1 (4:1)			
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h y E_v @3' AFG	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h y E_v @3' AFG	E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ0 (y toque de queda LZ1[i])	E_h y E_v @3' AFG	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1				
•Book Return/Pickup	Se presume que está encubierta															
• General	La iluminación general debe cubrir el área encubierta															
• LZ4[i]	E_h y E_v @3' AFG	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	4:1	2:1			
• LZ3[i] (and LZ4 curfew)	E_h y E_v @3' AFG	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1	2:1 (4:1)			
• LZ2[i] (and LZ3 curfew)	E_h y E_v @3' AFG	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ1[i] (and LZ2 curfew)	E_h y E_v @3' AFG	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			
• LZ1[i] curfew	E_h y E_v @3' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1				
SERVICIO DE ALIMENTOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
IT	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
PROPIO DE LA BIBLIOTECA																
•Salas para Escuchar Audio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
•Préstamo de Libros																
• Estanterías	Durante las horas de funcionamiento, se deben utilizar sensores de vacancia para reducir los valores de iluminancia a la mitad de los aquí citados, pero no hasta apagarlos.															
• General	E_h @ piso ; de Pila de Libros propios	O	100	200	400	Min							2:1			
• Estanterías																
• 1' 0" AFF	E_v @en la cara frontal del estante						M	50	100	200	Min	4:1	2:1			
• 2' 6" AFF	E_h Y E_v @en la cara frontal del estante	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.	4:1 E_v sólo	2:1			

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
PROPIO DE LA BIBLIOTECA	(Préstamo de libros, continuación)										
• Mostrador de Circulación	Ver BIBLIOTECA PROPIA/Préstamo de Libros/Mostrador de Préstamo										
• Estantes Compactos para Libros	Durante el horario de atención, se deben utilizar sensores de desocupación para reducir los valores de iluminancia a la mitad de las citas aquí, pero no hasta el punto de apagarlos.										
• Estantería de 2' 6"	E_h y E_v @ cara frontal del estante	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Mostrador de Préstamos											
• Autoservicio	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Personal	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Publicaciones Periódicas											
• Estanterías											
• Estantería de 1' 0"	E_v @ cara frontal del estante						M	50	100	200	Min
• Estantería de 2' 6"	E_v @ cara frontal del estante						O	100	200	400	Prom.
• Depósito de Libros	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Procesamiento de Libros	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Reparación y encuadernación de libros	Ver ESPACIOS DE APOYO/Salas de trabajo del Personal										
• Cafetería											
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Navegación por Internet	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF										
• Dispositivos de los Usuarios	Portátil con pantallas de polaridad negativa CSA/ISO Tipo I y II o lectores electrónicos con pantallas LCD o LED. j	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Computadoras Públicas	Pantallas de polaridad positiva CSA/ISO Tipo I y II. j	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Lectura de Copias Impresas	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Centro de Computación	Pantallas de polaridad positiva CSA/ISO Tipo I y II. j Eh, @2' 6"; Ev@4'AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Genealogía											
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Mesas de Referencia	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• General	E_h @ piso; E_v @ 5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Tienda Regalos/Tienda de la biblioteca	Ver 34 | ILUMINACIÓN PARA COMERCIOS MINORISTAS										
• Mostrador de Información	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Mostrador de Información										
• Salas de Práctica Musical											
• General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Atriles	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Áreas de Lectura	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común.										
• Sillones	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Gran Sala de Lectura	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Áreas de Lectura Apiladas	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Casilleros de Estudio	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Mesas y Sillas	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 29.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 29.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 29.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 29.3.1. Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Alternativamente, diseñe tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

k. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones donde s conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propiamente Dich o Área de Tarea".

L. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés según los criterios de iluminancia.

m. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades; Max:Prom. Prom.:Min Max:Min)	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PROPIO DE LA BIBLIOTECA	(Préstamo de libros, continuación)															
• Mostrador de Circulación	Ver BIBLIOTECA PROPIA/Préstamo de Libros/Mostrador de Préstamo															
• Estantes Compactos para Libros	Durante el horario de atención, se deben utilizar sensores de desocupación para reducir los valores de iluminancia a la mitad de las citas aquí, pero no hasta el punto de apagarlos.															
· Estantería de 2' 6"	E_h y E_v @ cara frontal del estante	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓		✓	
• Mostrador de Préstamos																
· Autoservicio	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	✓	✓	✓	
· Personal	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓	✓	✓	
• Publicaciones Periódicas																
· Estanterías																
· Estantería de 1' 0"	E_v @ cara frontal del estante						M	50	100	200	Min	2:1	✓	✓	✓	
· Estantería de 2' 6"	E_v @ cara frontal del estante						O	100	200	400	Prom.	2:1	✓	✓	✓	
• Depósito de Libros	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	✓		✓	
• Procesamiento de Libros	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	✓		✓	
• Reparación y encuadernación de libros	Ver ESPACIOS DE APOYO/Salas de trabajo del Personal															
• Cafetería																
· General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	✓			✓
• Navegación por Internet	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF															
· Dispositivos de los Usuarios	Portátil con pantallas de polaridad negativa CSA/ISO Tipo I y II o lectores electrónicos con pantallas LCD o LED. j	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	✓	✓	✓	
· Computadoras Públicas	Pantallas de polaridad positiva CSA/ISO Tipo I y II. j	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	✓	✓	✓	
• Lectura de Copias Impresas	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	✓	✓	✓	
• Centro de Computación	Pantallas de polaridad positiva CSA/ISO Tipo I y II. j Eh, @2' 6"; Ev@4'AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	✓	✓	✓	
• Genealogía																
· General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	✓			✓
· Mesas de Referencia	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	✓		✓	
• General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	✓			✓
Tienda Regalos/Tienda de la biblioteca	Ver 34 | ILUMINACIÓN PARA COMERCIOS MINORISTAS															
• Mostrador de Información	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos/Mostrador de Información															
• Salas de Práctica Musical																
· General	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1	✓			✓
· Atriles	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	2:1			✓	
• Áreas de Lectura	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común.															
· Sillones	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓		✓	
· Gran Sala de Lectura	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓		✓	
· Áreas de Lectura Apiladas	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	✓		✓	
· Casilleros de Estudio	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓		✓	
· Mesas y Sillas	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	✓		✓	

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
PROPIO DE LA BIBLIOTECA	(continuación)										
• Colecciones Especiales	Se deben utilizar filtros UV e IR de la iluminación eléctrica y la luz natural en Colecciones Especiales; durante las horas de funcionamiento, y sensores de vacancia para apagar la iluminación										
Almacenamiento de Archivos	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Conservación	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Libros Raros	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Lectura de Reserva	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Servicios para Adolescentes											
• Salas de Lectura											
· General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Lectura	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de Estudio											
· General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Lectura	E_h @2' 6"; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Servicios para Jóvenes											
• Salas de Lectura											
· General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Lectura	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de Cuentos											
· General	E_h @ piso ; E_v @ 3' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Lectura	E_h @ piso ; E_v @ 2' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
CAMINOS PEATONALES	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
LECTURA Y ESCRITURA											
• Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado de Vídeo										
• Lectores Electrónicos											
DISPOSITIVOS DE TINTA ELECTRÓNICA	E_h y E_v @ altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Facsímil											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Trabajo Manuscrito	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario										
• Lápiz											
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Bolígrafo/Rollerpoint/ Fieltro											
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo, Verde, Azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Computadora Portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Microformas (Proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1				k	k
	2:1				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k

Notas para la Tabla 29.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 29.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 29.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 29.3.1. Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Alternativamente, diseñe tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

k. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones donde s conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propiamente Dich o Área de Tarea".

L. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés según los criterios de iluminancia.

m. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PROPIO DE LA BIBLIOTECA	(continuación)															
• Colecciones Especiales	Se deben utilizar filtros UV e IR de la iluminación eléctrica y la luz natural en Colecciones Especiales; durante las horas de funcionamiento, y sensores de vacancia para apagar la iluminación															
Almacenamiento de Archivos	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1				
• Conservación	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Libros Raros	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Lectura de Reserva	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	ver Cuadro 12.6				
• Servicios para Adolescentes																
• Salas de Lectura																
· General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
· Lectura	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1				
• Salas de Estudio																
· General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
· Lectura	E_h @2' 6"; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1				
• Servicios para Jóvenes																
• Salas de Lectura																
· General	E_h @ piso ; E_v @ 5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
· Lectura	E_h @2' 6" AFF; E_v @ 4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1				
• Salas de Cuentos																
· General	E_h @ piso ; E_v @ 3' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1				
· Lectura	E_h @ piso ; E_v @ 2' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1				
ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
CAMINOS PEATONALES	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
LECTURA Y ESCRITURA																
• Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado de Vídeo															
• Lectores Electrónicos																
DISPOSITIVOS DE TINTA ELECTRÓNICA	E_h y E_v @ altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1			k	k
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1			k	k
• Facsímil																
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k
• Trabajo Manuscrito	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario															
• Lápiz																
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k
• Bolígrafo/Rollerpoint/ Fieltro																
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k
· Rojo, Verde, Azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k
• Computadora Portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT															
• Microformas (Proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Cuadro 12.6			k	k

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LECTURA Y ESCRITURA	(continuación)										
• Medios Impresos	Papel blanco generado por imprenta digital										
• Fuente de 6 pt											
· Papel Mate y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Papel Especular y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fuente de 8 y 10 pt											
· Papel Mate y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel Especular y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Fuente de 12 pt											
· Papel Mate y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel Especular y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantalla VDT y Teclado											
• Tipos CSA/ISO I y II	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO										
· Polaridad Positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Polaridad Negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[l]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tipo CSA/ISO III	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO										
· Polaridad Positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[l]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Polaridad Negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[l]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pizarra Blanca											
• Analógica o Digital											
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.
· Lectura (con presentador)	Presentador en pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.
• Xerografía	Generado por fotocopiadora e impresora en papel blanco										
· Tipo >8 pt, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos)										
· Color											
· Analógica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Impresión en escala de grises y/o B+N											
· Analógica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[l]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
ESPACIOS DE APOYO											
Camión de Libros/Sala de Clasificación	E_h y E_v @2' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Guardarropa	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Centro de Capacitación Informática	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' 0" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salas de Fotocopiado e Impresión											
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Armario de Conserjería	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Cocina Pequeña	E_h y E_v @superficies de preparación	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	ver Cuadro 12.6				k	k
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					

Notas para la Tabla 29.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 29.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 29.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 29.3.1. Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Alternativamente, diseñe tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

k. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones donde s conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propiamente Dich o Área de Tarea".

L. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés según los criterios de iluminancia.

m. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades; Max:Prom. Prom.:Min Max:Min)	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura [h] — Habitación o Área Designada
LECTURA Y ESCRITURA	(continuación)													
• Medios Impresos	Papel blanco generado por imprenta digital													
• Fuente de 6 pt														
· Papel Mate y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Papel Especular y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
• Fuente de 8 y 10 pt														
· Papel Mate y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Papel Especular y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
• Fuente de 12 pt														
· Papel Mate y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Papel Especular y Tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
• Pantalla VDT y Teclado														
• Tipos CSA/ISO I y II	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO													
· Polaridad Positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[i]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Polaridad Negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[i]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
• Tipo CSA/ISO III	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO													
· Polaridad Positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[i]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Polaridad Negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[i]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
• Pizarra Blanca														
• Analógica o Digital														
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.	3:1		
· Lectura (con presentador)	Presentador en pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.	3:1		
• Xerografía	Generado por fotocopiadora e impresora en papel blanco													
· Tipo >8 pt, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos)													
· Color														
· Analógica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
Impresión en escala de grises y/o B+N														
· Analógica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[i]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6	k	k
ESPACIOS DE APOYO														
Camión de Libros/Sala de Clasificación	E_h y E_v @2' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1		
• Guardarropa	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1		
• Centro de Capacitación Informática	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' 0" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1		
• Salas de Fotocopiado e Impresión														
• General	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1		
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1		
• Armario de Conserjería	E_h @ piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1		
• Cocina Pequeña	E_h y E_v @superficies de preparación	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Cuadro 12.6		

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE APOYO	(continuación)										
• Recepción/Envío											
• Exterior Inmediato [i]	Ancho de la puerta del muelle; E_h @grado; E_v @5' AFG en dirección de entrada o cámara de seguridad										
LZ4 [i]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
LZ3 [i] (y LZ4 toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
LZ2 [i] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
LZ1 [i] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
LZ0 [i] (y LZ1 toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• Interior											
• Muelle											
• General	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Suplementario	Utilice una luminaria de brazo articulado para dirigir luz adicional al interior de la carrocería del camión.										
• Área de Recepción/Envío	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas Exclusivas para el Personal											
• Salas de Estar	Como alternativa para las áreas de lectura, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										
• General	E_h y E_v @2' 6" enáreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Lectura	E_h y E_v @2' 6" enáreas de asientos	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de Trabajo											
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Áreas de Tareas	E_h @2' 6"; E_v @4' 0" AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Reparación y Encuadernación de Libros	E_h @2' 6"; E_v @3' 0" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Salas de Existencias	E_h @ piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento											
• Alimentos	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Uso Frecuente	E_h @ piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso Poco Frecuente	E_h @ piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
BAÑOS/VESTUARIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Pasillos de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Trastienda											
• Pasillos Adyacentes	E_h @ piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
• Pasadizos Independientes	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Avg
• Público											
• Pasadizos Adyacentes	E_h @ piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
• Pasadizos Independientes	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Avg

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min				
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
	2:1					
	2:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	3:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 29.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 29.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 29.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 29.3.1. Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Alternativamente, diseñe tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

k. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones donde s conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propiamente Dich o Área de Tarea".

L. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés según los criterios de iluminancia.

m. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f] / [g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE APOYO	(continuación)																
• Recepción/Envío																	
• Exterior Inmediato [i]	Ancho de la puerta del muelle; E_h @grado; E_v @5' AFG en dirección de entrada o cámara de seguridad																
LZ4 [i]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1	2:1			✓	
LZ3 [i] (y LZ4 toque de queda)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	2:1 (4:1)			✓	
LZ2 [i] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			✓	
LZ1 [i] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	2:1 (4:1)			✓	
LZ0 [i] (y LZ1 toque de queda)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		2:1				✓	
• Interior																	
• Muelle																	
• General	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		✓		✓
• Suplementario	Utilice una luminaria de brazo articulado para dirigir luz adicional al interior de la carrocería del camión.															✓	
• Área de Recepción/Envío	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		✓		✓
• Áreas Exclusivas para el Personal																	
• Salas de Estar	Como alternativa para las áreas de lectura, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.																
• General	E_h y E_v @2' 6" enáreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6			✓	✓	
Lectura	E_h y E_v @2' 6" enáreas de asientos	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	ver Cuadro 12.6			✓	✓	
• Salas de Trabajo																	
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓		✓
• Áreas de Tareas	E_h @2' 6"; E_v @4' 0" AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	ver Cuadro 12.6			✓	✓	
Reparación y Encuadernación de Libros	E_h @2' 6"; E_v @3' 0" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.	ver Cuadro 12.6			✓	✓	
• Salas de Existencias	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		✓		✓
• Almacenamiento																	
• Alimentos	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
• Uso Frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓		✓
• Uso Poco Frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		✓		✓
BAÑOS/VESTUARIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																	
• Pasillos de Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																
• Trastienda																	
• Pasillos Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras lo requieran						2:1		✓		✓
• Pasadizos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Avg		2:1		✓		✓
• Público																	
• Pasadizos Adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh de espacio adyacente o como las cámaras de vigilancia lo requieran pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.2 veces la tarea Ev de espacio adyacente o como las cámaras lo requieran						3:1		✓		✓
• Pasadizos Independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Avg	I	15	30	60	Avg		2:1		✓		✓

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas (continuación en la página siguiente)

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)										
• Ascensores											
• Carga											
• Interior de la cabina	E_h @ piso ;E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pasajeros											
• Interior de la cabina	E_h @ piso ;E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADA A EDIFICIOS										
• Escaleras Mecánicas/Pasarelas Móviles	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos											
• Circulación, Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• General											
En las Entradas de los Edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar del exterior al interior o viceversa.										
• Día	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Noche	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Lejos de las Entradas	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Mostrador de Información	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Seguridad											
• Escritorio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Pantallas	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salones											
• Clubes y Salas de Juegos											
• General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Juegos de Mesa	E_h @mesa; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Videojuegos	E_h @controles de juego ; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Actividad Alta m	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en Vivo	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @ piso ;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	ver Cuadro 12.6					
	ver Cuadro 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 29.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 29.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 29.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 29.3.1. Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Alternativamente, diseñe tareas específicas, si se conocen, de LECTURA Y ESCRITURA.

k. Para aplicaciones donde la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones donde s conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propiamente Dich o Área de Tarea".

L. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programen otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés según los criterios de iluminancia.

m. Consulte la Tabla 22.4/ Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 29.2 | Recomendaciones de Iluminancia para las Instalaciones en Bibliotecas CONTINUACIÓN DE LA PÁGINA ANTERIOR

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)											
• Ascensores												
• Carga												
· Interior de la cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
· Umbral												
· Exterior de la cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
· Interior de la cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Pasajeros												
· Interior de la cabina	E_h @ piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
· Umbral												
· Exterior de la cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
· Interior de la cabina	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADA A EDIFICIOS											
• Escaleras Mecánicas/Pasarelas Móviles	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Vestíbulos												
• Circulación, Vestíbulos de Ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.											
· General												
En las Entradas de los Edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar del exterior al interior o viceversa.											
· Día	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
· Noche	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	2:1
· Lejos de las Entradas	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
· Mostrador de Información	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1
· Seguridad												
· Escritorio	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1
· Pantallas	E_h @2' 6"; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1
• Salones												
• Clubes y Salas de Juegos												
· General	E_h y E_v @2' 6"	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1
· Juegos de Mesa	E_h @mesa ; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Cuadro 12.6
· Videojuegos	E_h @controles de juego ; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	C	2	4	8	Prom.	ver Cuadro 12.6
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.											
• Actividad Alta m	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
• Vigilancia en Vivo	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
• Típico	E_h @ piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1

Cuadro **29.3 |** Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

29.2.8 EXTERIORES

La iluminación exterior más allá de las entradas del edificio, incluidos los caminos del sitio, el estacionamiento, las fachadas, el paisaje y las banderas, se abordan en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Consulte también la Tabla 15.6 | Estrategias Operativas Nocturnas para mejorar el respeto ambiental al aire libre. El programa debe describir el sitio de la biblioteca, las funciones previstas y el horario de funcionamiento. Esta información, los niveles previstos de actividad y las zonas de iluminación nocturna exterior se utilizarán para determinar los criterios de iluminación adecuados para las diversas aplicaciones. Las instalaciones de devolución y recogida de libros por la noche merecen atención. Los criterios de iluminación para estas instalaciones se describen en la Tabla 29.2. La iluminación para los contenedores de libros, ya sea de acceso en automóvil o a pie, debe abarcar el contenedor de libros y un margen que se extienda 1' 6" más allá de todos los lados expuestos de los contenedores. La iluminación debe ubicarse de manera que evite sombras fuertes en la abertura de entrega o en la manija de la puerta de entrega cuando se acerque un vehículo o un peatón. Los contenedores deben estar lo suficientemente separados de obstrucciones o plantas para evitar sombras o áreas de cobertura para posibles perpetradores. Si los contenedores están protegidos de alguna manera, se debe desarrollar una iluminación que reduzca las áreas cubiertas y minimice las sombras. Esto no requiere ni debe dar como resultado luces de alta potencia, focos de haz directo o reflectores, ni dar como resultado iluminancias mayores que las citadas en la Tabla 29.2. Tales técnicas agravarían el problema e introducirían problemas de adaptación que se experimentan al ver desde áreas brillantes a áreas sombreadas.

29.2.9 SERVICIO DE COMIDAS

La iluminación del servicio de comidas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

29.2.10 ILUMINACIÓN PARA TI

Para las instalaciones de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

29.2.11 LO PROPIO DE LA BIBLIOTECA

Las aplicaciones y tareas que se relacionan más directamente con el uso público de la biblioteca se describen como las de Biblioteca en la Tabla 29.2. Iluminancias horizontales y verticales y se deben abordar todas las uniformidades respectivas. Las iluminaciones verticales ayudan con las distintas orientaciones de las tareas, ya que los usuarios ajustan sus posiciones de vez en cuando. Las iluminaciones verticales también ayudan con el reconocimiento facial. Las uniformidades citadas se utilizan para establecer las condiciones de referencia, mientras que los acentos introducirán interés visual y contraste espacial.

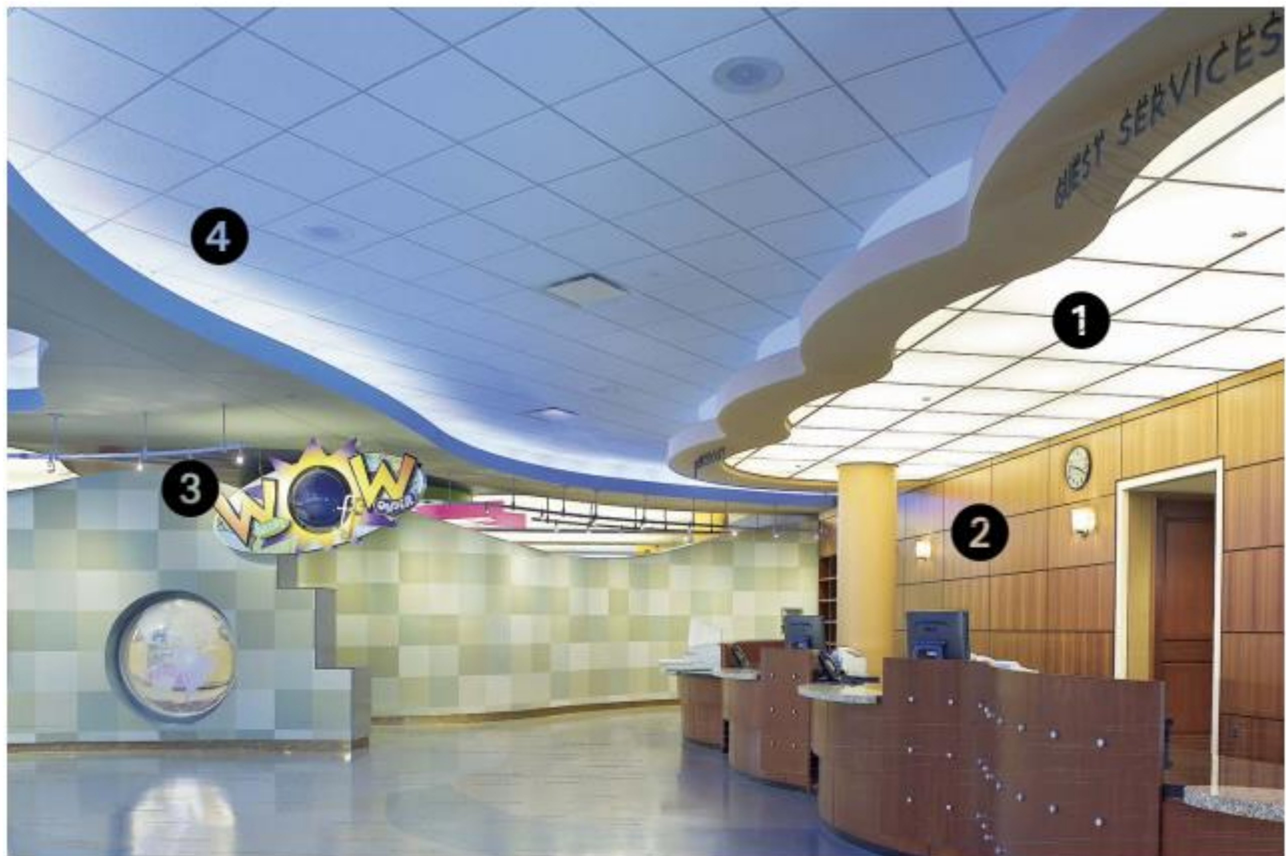


FIGURA 29.3 | MOSTRADORES DE SERVICIO

En esta biblioteca pública relativamente grande, un mostrador largo cumple dos funciones: préstamo de libros en el extremo más alejado y servicios para huéspedes en el extremo más cercano. Se utilizan lámparas fluorescentes compactas de 40 W sobre el cielorraso luminoso ❶. Los apliques de pared están iluminados con lámparas fluorescentes compactas ❷. Los súper gráficos están iluminados con lámparas halógenas IR_{LV} ❸. Las lámparas

fluorescentes compactas de 40 W, 4100 K, largas, con geles azules en la cornisa iluminan el cielorraso ❹. La cornisa y el cielorraso luminoso se combinan para cumplir con los criterios de iluminación general y de tarea. Los apliques son decorativos. La iluminación gráfica "WOW* fue diseñada para cumplir con el criterio de "atracción moderada" en la Tabla 15.2. Para un letrero que se anticipa que tendrá una reflectancia >50%, la iluminancia "WOW" fue diseñada para cumplir con una relación de iluminancia focal a tarea de 5 a 1. La iluminación del piso del vestíbulo se consideró como la "tarea".

» Imagen ©2003 Gene Meadows

La figura 29.3 ilustra la iluminación de un mostrador que cumple una doble función: atención al cliente y caja. El cielorraso luminoso ilumina el mostrador, la pared trasera y las caras de los alrededores. La luminancia de los paneles retroiluminados atrae la atención. La figura 29.4 ilustra la iluminación de un elemento dentro de los servicios para jóvenes. En la figura 29.5 se muestra un área de lectura para un grupo de adultos. Además de la visibilidad de las tareas y de facilitar el rendimiento visual, la iluminación de la biblioteca influye en la atención y en el deseo de permanecer concentrado. Defina y aborde todas las tareas visuales previstas, reconociendo la variabilidad de la orientación de las tareas, desde horizontal a casi vertical, y los tipos de tareas, incluidos los libros impresos, electrónicos y las computadoras. Aunque los efectos de la iluminación de las tareas no deben ser el foco de atención, la iluminación de las tareas debe ayudar a los usuarios a mantener la atención y el enfoque en áreas de tareas específicas, tal como define el programa de la biblioteca. El éxito de la iluminación natural en las bibliotecas se facilita cuando existe un funcionamiento continuo de la iluminación eléctrica y de los mecanismos de iluminación natural, como la atenuación continua automatizada y el control de las cortinas, respectivamente. La variación funcional, incluido el oscurecimiento de las salas en aquellos espacios que utilizan equipos audiovisuales o en los que la penumbra es funcionalmente deseable, debe estar fácilmente disponible para los ocupantes o el personal. Estos aspectos, varios de los cuales se han extraído de la sección 24.2.5 Aulas, merecen especial atención:

1. Automatizar la atenuación, preferiblemente con una función de atenuación continua para una menor interrupción visual.

2. Tener mucho cuidado en el diseño de cualquier iluminación natural de elevación este y oeste en relación con el deslumbramiento.

3. Automatizar el tratamiento de las ventanas con un funcionamiento silencioso y lento de rodillos continuos con ciclos de cambio largos.

4. Evitar los diseños de luz natural que requieran un despliegue de cortinas casi continuo/completo.

5. Organizar las posiciones de lectura principales o las posiciones de exhibición/presentación perpendiculares a las aberturas de luz natural.

6. Mantener cierto grado de vista exterior.

7. Realizar simulaciones de luz natural para limitar las áreas de iluminación excesiva y ayudar con la transmitancia del acristalamiento y las selecciones del tratamiento de sombreado.

8. Eliminar la penetración solar directa en todos los espacios de circulación, excepto los de transición, distantes de las áreas de lectura.

9. Utilizar acabados arquitectónicos mate de alta reflectancia para distribuir y difundir mejor la luz natural.

10. Utilizar acabados de mesa mate de alta reflectancia en las áreas de lectura.

Los sistemas de control automatizados son clave para lograr la integración de la luz natural. Cuando las luminarias fluorescentes se apagan con frecuencia, por ejemplo, 3 veces o más en un día laboral típico por razones de iluminación natural o detección de ocupación, los balastos de arranque programado minimizan las fallas prematuras de las lámparas. Consulte a los proveedores de balastos, lámparas y controles sobre estos aspectos antes de finalizar los diseños. Consulte 7.3.6.3 Vida Útil de la Lámpara y Mecanismo de Falla. Las figuras 29.6 y 29.7 ilustran algunas técnicas de iluminación natural e iluminación eléctrica de la sala de lectura.

Las bibliotecas más grandes contienen una cantidad de colecciones de tal tamaño que no es práctico combinarlas en una sola área. Por lo general, se distinguen los servicios para adultos, jóvenes y adolescentes. La figura 29.8 ilustra un área de servicios para jóvenes en una biblioteca. Para el interés visual en situaciones en las que estas colecciones son bastante grandes, los planos arquitectónicos, los detalles y los acabados varían hasta cierto punto dentro de cada colección. La iluminación dentro de cada colección también debe seguir este enfoque. El desafío es limitar las fluctuaciones salvajes en el estilo estético de las luminarias y la calidad de la luz dentro de una colección. Son cuestiones que dependen del ojo del diseñador y que se analizan con el equipo de diseño, mediante la revisión de muestras o maquetas de luminarias y mediante la experimentación y evaluación de configuraciones existentes.



FIGURA 29.4 | CARACTERÍSTICAS

Se iluminan áreas lúdicas y coloridas para fomentar la lectura y el juego. Las lámparas halógenas IR_{LV} de 3000 K y 100 CRI sobre rieles flexibles resaltan la pared de retazos y la señalización. El detalle en espiral del cielorraso verde lima está iluminado con tubos de neón de 3000 K y 82 CRI para adaptarse a la forma del detalle y, al mismo tiempo, exhibir un bajo deslumbramiento cuando se mira directamente. Las lámparas fluorescentes compactas de 40 W y 4100 K con geles azules iluminan el cielorraso empotrado desde un detalle de cornisa.

» Imagen ©2003 Gene Meadows



FIGURA 29.5 | ÁREAS DE LECTURA

Las iluminancias a la altura de las rodillas se logran con iluminación ambiental en las cornisas perimetrales e iluminación de trabajo desde la lámpara de araña superior. Las cornisas están equipadas con 28 lámparas WT5 de 3500 K y 85 CRI y las lámparas de araña con seis lámparas CFL de 26 W de 2700 K CCT y 82 CRI. Una pared de fondo adyacente está acentuada con lámparas PAR20 CMH de 20 W de 3000 K y 81 CRI. La selección de la CCT de la lámpara debe ser deliberada. En muchos proyectos, existe una razón para seleccionar una CCT común para todas las lámparas. En algunos proyectos, puede haber una razón para emplear diferentes CCT. En este contexto, a la iluminación considerada arquitectónica de "fondo" (luminarias empotradas y de cornisa) se le asignó un CCT neutro de 3500 K. A la iluminación arquitectónica "decorativa", la que está físicamente más cerca de los clientes, se le asignó un CCT muy cálido similar a la incandescencia de 2700 K para lograr un aspecto más hogareño y familiar. La iluminación de acento que emplea lámparas CMH sólo está disponible en 3000 K o 4000 K. Para combinar mejor con la iluminación arquitectónica decorativa, se seleccionó el CCT de 3000 K. Dado que las coincidencias exactas de CCT son poco prácticas, entonces se consideran "coincidentes" las CCT de diferentes tipos de lámparas que están dentro de los 200 K o 300 K de diferencia entre sí. Sin embargo, cuando se las ve una al lado de la otra, y también dependiendo del CRI (los CRI de las lámparas también deben coincidir), pocas de estas son muy buenas coincidencias. Tales son las desigualdades entre las tecnologías y los procesos de los fabricantes. La iluminación de la lámpara y de los marcos proporciona iluminaciones tanto horizontales como verticales adecuadas para leer material impreso con fuentes de 8 y 10 puntos o lectores electrónicos y también para evaluar los detalles faciales sin deslumbramiento.

» Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

La Figura 29.9 ilustra una sala de lectura donde se utilizan efectos de iluminación para atraer a los usuarios y donde se utilizan controles de iluminación para crear escenas para el tiempo de lectura personal o el tiempo de lectura. En el caso de las colecciones de libros raros e históricos, se debe tener cuidado con la exposición a rayos UV e IR y la duración de la exposición a la luz visible. Véase 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE.

Tal vez el desafío más importante en la iluminación de bibliotecas se centra en los medios de lectura. Los materiales impresos, los lectores electrónicos y las computadoras están fácilmente disponibles. El diseño para un medio o para una iluminancia de valor único probablemente producirá resultados insatisfactorios. La programación puede abordar estos diversos medios (y otros a medida que evolucionen o se desarrollen nuevas tecnologías) a través de una variedad de tipos de espacios y una variedad de áreas dentro de los tipos de espacios. Por ejemplo, se puede programar una "sala de lectura electrónica" en la sala de lectura para adolescentes. El diseñador debe revisar las tecnologías disponibles y determinar el tipo de pantalla de lector electrónico más común o, alternativamente, diseñar para el tipo de pantalla más desfavorable. La flexibilidad a través de controles puede ser apropiada, aunque los problemas de acceso a los controles y cómo se determina el cambio de una configuración a otra pueden requerir decisiones incómodas o complicadas. El establecimiento de múltiples salas de lectores electrónicos para acomodar lectores LCD y LED (retroiluminados) como una categoría y para acomodar lectores de tinta electrónica (iluminados frontalmente) como otra categoría combinada con controles de área zonificada para permitir cambios de planificación a largo plazo puede ser lo más apropiado.

Las salas de computadoras, también conocidas como laboratorios, centros o salas, deben diseñarse para abordar la probable tarea de la computadora y, cuando sea apropiado, el papeleo relacionado, como tomar notas o leer materiales impresos complementarios. Las computadoras pueden ser de cualquiera de los varios tipos citados en la Tabla 29.2 o incluso tecnologías más nuevas y evolucionadas. La programación de estas posibilidades es importante para desarrollar un diseño de iluminación adaptado a los usos previstos. Los controles y el uso de sistemas de iluminación ambiental y de tareas pueden ser más efectivos para lograr resultados satisfactorios y permitir futuros avances tecnológicos. La Figura 29.10 ilustra un centro de computadoras de la biblioteca. Una sala de adolescentes de la biblioteca con computadoras se ilustra en la Figura 29.11.

De la misma manera que las búsquedas y recuperaciones en línea pueden ser puntos conflictivos cuando se utiliza Internet, el almacenamiento y la recuperación de libros pueden ser un punto conflictivo para los usuarios en el proceso de visitar la biblioteca. Cuanto más cómodo sea el acceso a estos libros almacenados y más fácil sea examinar e identificar los títulos, mayor será la probabilidad de exploración de las estanterías. Para aquellos que tienen un título concreto en mente, la iluminación puede limitar en gran medida el tiempo de recuperación. La Figura 29.12 ilustra un ejemplo de iluminación de estanterías.

29.2.12 ESTACIONAMIENTOS

La iluminación de estacionamientos se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. 29.2.13 La iluminación de caminos peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

29.2.14 LECTURA Y ESCRITURA

Las tareas de lectura y escritura ocurren dentro de varias aplicaciones. La familiaridad con estas tareas ayudará con la evaluación de tareas y actividades de aplicaciones específicas. Esto puede dar como resultado la recomendación de criterios de iluminancia diferentes a los propuestos en la Tabla 29.2 para una aplicación particular. Por ejemplo, si se anticipa que las tareas de lectura en LO PROPIO DE LA BIBLIOTECA/Servicios para Adolescentes/Salas de Lectura serán lectores electrónicos, y especialmente de la variedad LCD o LED identificada en LECTURA Y ESCRITURA/Lectores Electrónicos, entonces las iluminancias en las ubicaciones de las tareas de lectura deben corresponder a las citadas para los lectores electrónicos.

De lo contrario, el área de trabajo probablemente estará sobre iluminada y será incómoda. Alternativamente, si las salas de lectura o de estudio tienen la necesidad de acomodar tareas de lectura tanto en papel como en lectores electrónicos, la iluminación y los controles deben diseñarse en consecuencia. El deslumbramiento, especialmente en las áreas de lectura, es inaceptable. En las bibliotecas, las lámparas deben estar ocultas detrás de lentes o dentro de luminarias indirectas o protegidas cuidadosamente con rejillas o deflectores o de baja potencia y área relativamente grande y difícil de ver; el tamaño y la geometría de la luminaria de mesa pueden limitar las líneas de visión de los usuarios sentados hacia las lámparas. Una lámpara fluorescente compacta o lineal de baja potencia expuesta es típicamente más tolerable para el ojo cuando se ve solo de manera periódica o intermitente que una lámpara LED de salida equivalente. Las luminarias CMH y LED diseñadas para tiros largos y efectos fuertes deben emplear reflectores y lentes para controlar la luz. Los conos de moldura del cielorraso relativamente profundos pueden ser efectivos para equipos CMH y LED empotrados. Las luminarias de acento LED y CMH montadas en la superficie, como los monopuntos o los cabezales de riel, deben estar equipadas con viseras, puertas de granero o rejillas donde estén cerca y dirigidas hacia la dirección general de los lectores. El enigma es que las luminarias con control del deslumbramiento son menos eficientes que aquellas con la fuerza bruta de la lámpara desnuda o casi desnuda. Un entorno será más sostenible si los usuarios realmente quieren usarlo y lo usan que si es incómodo e intolerable, pero se considera "eficiente". Los aspectos del deslumbramiento se juzgan mejor a través de revisiones de muestras y maquetas y experiencia en varios entornos.

29.2.15 ESPACIOS DE APOYO

Estas citas relativamente internas se explican por sí solas. Para las áreas de muelles, las zonas de iluminación nocturna al aire libre determinan qué criterios de iluminancia son apropiados. En cualquier caso, estos se aplican inmediatamente en el exterior de la puerta superior del muelle. El equipo de iluminación debe dirigir toda la luz hacia abajo (ver Figura 22.4). La iluminación del estacionamiento al aire libre o el área de preparación del muelle debe cumplir con los criterios identificados en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

29.2.16 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación para baños y vestuarios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. La instalación de los accesorios de plomería (por ejemplo, inodoros, urinarios, tocadores) según lo recomendado funciona en conjunto con una iluminación general de bajo nivel en todos los baños para proporcionar suficiente luz donde sea necesario sin iluminar demasiado todo el baño.

29.2.17 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La mayoría de estos espacios se explican por sí solos, pero uno merece discusión. Los pasillos adyacentes se refieren a una condición en la que las áreas de circulación están rodeadas por áreas más grandes. Dada su posible adyacencia a las áreas de lectura abiertas y visualmente accesibles, sus iluminancias, confinadas al pasillo propiamente dicho, deben ser proporciones de las iluminancias de las tareas cercanas. Esto evita contrastes molestos dentro del entorno de trabajo.

29.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se incluyen notas relacionadas con varios temas descritos en la Tabla 29.2.

29.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 29.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado hacer referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, nombrar tendencias o las convenciones para los tipos de espacio o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 29.2 para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.



FIGURA 29.6 | SALAS DE LECTURA

Los requisitos de iluminación ambiental se pueden satisfacer parcial o totalmente con luz natural durante las horas del día. La orientación y la selección del acristalamiento son fundamentales para el éxito. Las luminarias en las mesas de lectura pueden proporcionar iluminación para las tareas. La conmutación local en las luminarias para tareas o la atenuación o conmutación según la ocupación pueden reducir aún más el consumo de energía. Sin embargo, el diseño de estos controles debe evaluarse para detectar posibles interrupciones y facilitar su uso para los clientes. Las coberturas de los sensores de ocupación deben ajustarse cuidadosamente al tamaño de las mesas, la cantidad de clientes por mesa y los espacios entre las mesas. Es mejor realizar maquetas antes de finalizar los diseños de estos enfoques. » Imagen ©Art on File/Corbis

29.3.2 NOTAS

Las notas en la Tabla 29.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

29.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de tarea y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y los otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz. Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas anticipadas hasta el punto en el tiempo en el que se debe realizar el reemplazo de lámparas y la limpieza del grupo. El reemplazo de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el recambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que la limpieza y el recambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica recomendada para el mantenimiento planificado de iluminación interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios.



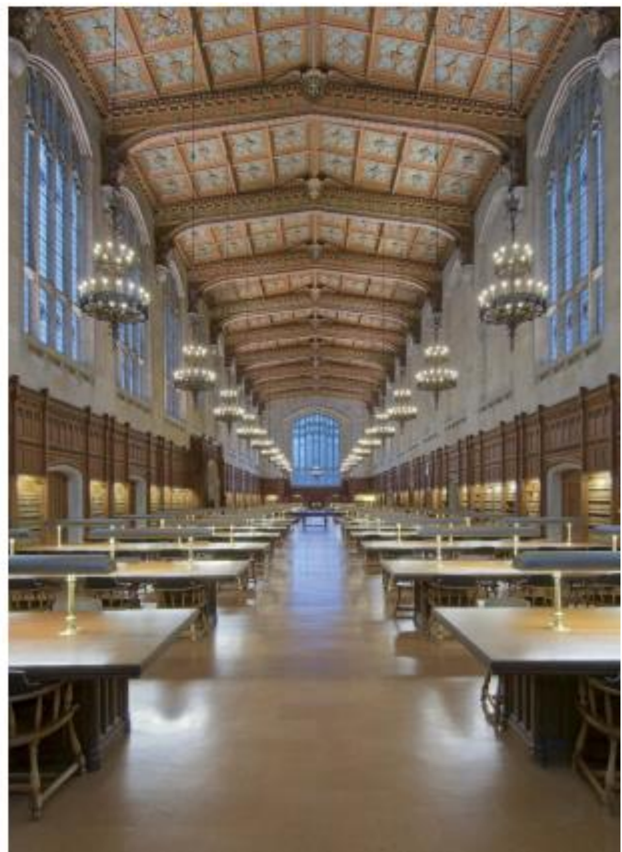


FIGURA 29.7 | SALAS DE LECTURA HISTÓRICAS

Después de 80 años de acumulación de suciedad, el cielorraso de esta sala de lectura proporcionaba poca reflectancia y creaba un interior de alto contraste con desequilibrio de luminancia (extremo izquierdo). El papel blanco y las tareas de la computadora portátil con polaridad positiva CSA/ISO eran demasiado brillantes en relación con las superficies arquitectónicas. La luz del día ya no cumplía con las normas esperadas para la iluminación al leer y escribir. Se realizó una renovación de la iluminación y se limpió el cielorraso, se reemplazó el piso y se renovaron las mesas. Las reflectancias de la superficie mejoraron significativamente. Las luces de mesa se modernizaron con lámparas T5 de 28 W de 3000 K y 85 CRI; las luces de apilado se modernizaron con CFL largas de 18 W de 3000 K y 82 CRI. Se agregaron nuevas luminarias con lámparas PAR20 CMH de 39 W de 3000 K y 86 CRI en los alféizares de las ventanas para iluminar hacia arriba al cielorraso limpio y equilibrar mejor las luminancias. Las luces de trabajo y las luces de trabajo de mesa se encienden y apagan gradualmente según la disponibilidad de luz natural. Consulte también la Figura 21.7.

» Imágenes de ©Curt Clayton

Aumentar la iluminancia inicial es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, en los que se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lumen certificada por el proveedor del LED. Consulte 13.3 VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO DEL LUMEN.
Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 29.2 deben realizarse a 1 fc a 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión que se genera con un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia que se genera con valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del mismo debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben reflejar, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical para iluminar pizarrones blancos, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las cercanías o de cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

En algunas situaciones, no se anticipa luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o se recomienda luz cero para la tarea o aplicación.

29.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar el objetivo de iluminancia en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente.



FIGURA 29.8 | SERVICIOS PARA JÓVENES

Se utiliza una variedad arquitectónica dentro de un área para mantener el interés visual y ayudar a definir zonas de actividad específicas. Las técnicas de iluminación varían en consecuencia, sin embargo, el efecto visual general y las iluminancias mantienen una consistencia estética. En esta área de servicios para jóvenes, el mostrador principal de información y circulación se destaca por una lámpara de araña arquitectónica en el cielorraso con paneles gráficos coloridos. Estos están iluminados desde arriba con lámparas PAR38 CMH de 100 W de 3000 K y 81 CRI y están equipados con viseras y filtros de densidad neutra para controlar la dispersión e intensidad de la luz. Los paneles de arte gráfico actúan para limitar la visión directa de la mayoría de estas lámparas. Estos acentos CMH también producen una proporción significativa de la iluminación de trabajo en el área del mostrador.

» Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (Eh) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En algunas aplicaciones, como los servicios para jóvenes (Tabla 29.2 BIBLIOTECA PROPIA/Servicios para Jóvenes/Salas de Lectura), la iluminancia horizontal general está destinada a la aplicación en el plano del suelo y la iluminancia vertical general está destinada a la aplicación a 5' AFF, que es aproximadamente la altura de la cara de un adulto. Aunque el reconocimiento facial y la discriminación de los rasgos faciales de un adulto son importantes para un niño, el diseñador y el cliente pueden determinar que el reconocimiento facial y la discriminación por parte de los niños de otros niños o por parte de los adultos de los niños son una mejor prioridad. En cuyo caso, la iluminancia vertical general a 3' AFF es adecuada. Se debe realizar una evaluación similar de los criterios en las mesas de lectura. ¿Los tableros de las mesas están a 2' 6" AFF? ¿Las alturas de los rostros de los sentados están a 4' AFF?



FIGURA 29.9 | SALAS DE CUENTOS

La iluminación de acento artístico de una lámpara elipsoidal CMH de 70 W resalta el modelo del astronauta en esta sala de cuentos. Las luces descendentes PAR30 CMH de 39 W en varias zonas de control permiten variar la iluminación en el piso para contar historias o para la lectura personal. Se utilizan luces descendentes LED de colores y luces ascendentes en el piso para generar interés visual.

» Imagen ©2003 Gene Meadows

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas”. Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación.

29.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Las edades de los observadores deben deliberarse con cuidado en las bibliotecas. Sólo se puede lograr una sensación de comodidad y lugar, así como un uso apropiado de la energía, si los niveles de iluminancia se apuntan a la audiencia prevista. Los criterios de iluminancia se presentan en función de los grupos de edad asociados con al menos la mitad de los observadores en una aplicación particular. El diseñador siempre tiene la libertad de volver a seleccionar los criterios en función de su propia experiencia o de la dirección del cliente. En las bibliotecas, las colecciones suelen clasificarse por grupo de edad. Podría decirse que, a continuación, se debería desarrollar una iluminación específica para el grupo de edad al que se dirige cada colección. Un tema que deben resolver el diseñador y el cliente es qué grupo de edad de iluminancia utilizar para los servicios para jóvenes y adolescentes. Se podría argumentar que, aunque más de la mitad de los observadores tienen menos de 25 años, los encargados de supervisar estas áreas pueden tener entre 25 y 65 años. Sin embargo, a menos que se considere necesaria una vigilancia en vivo a tiempo completo de las áreas o que estas áreas también estén disponibles para observadores de mayor edad, es poco probable que las iluminaciones deban atender a la categoría de mayor edad en todos los lugares de trabajo. Sin embargo, cuando se estacionen observadores de mayor edad, como en los mostradores de información o de circulación, los criterios de iluminancia deben basarse en el grupo de

edad previsto de al menos la mitad de esos observadores de mayor edad. Cuando los grupos de edad entran en conflicto de iluminancias, como puede ocurrir con el uso de varias salas de conferencias o sesiones de capacitación en informática, los controles de iluminación permiten una iluminación adecuada y eficiente para varios grupos de edad, siempre que, por supuesto, la función de la sala y el tiempo de uso estén coordinados por grupo de edad. En cualquier caso, las implicaciones para el uso de energía son significativas. Este aspecto de las edades visuales debe resolverse durante la programación con el cliente. Puede determinarse que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto del que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede dar como resultado iluminación excesiva, iluminación insuficiente, iluminación dura, disgusto visual o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.



FIGURA 29.10 | CENTRO DE CÓMPUTO
En este centro de cómputo de la biblioteca se encuentran disponibles monitores de pantalla plana de gran tamaño con acabados CSA/ISO Tipo I. El contenido de Internet se transmite en su forma nativa de contraste positivo o negativo. Las cornisas de la luz eléctrica se extienden hacia la claraboya relativamente pequeña que se mantiene deliberadamente un poco fuera del campo de visión directo.

» Imagen ©Balthazar Korab Photography Ltd.

29.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Estas se muestran en la Tabla 29.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

29.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se monitorean de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente. El diseñador puede elegir utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande. En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos y uniformidades de iluminancia, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

29.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de la superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar la incomodidad visual, el deslumbramiento y la tensión. Los índices de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de índice de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a las iluminancias horizontales como a las verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos índices con el primer valor para la iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, en particular aquellas relacionadas con las iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor se refiere a la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importantes sean la velocidad y la precisión y más exigente la tarea visual, más ajustada debe ser la relación.

29.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobre iluminación.

29.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.



FIGURA 29.11 | SALA DE ESTAR PARA ADOLESCENTES

Esta sala de estar para adolescentes presenta una iluminación general baja (ver Tabla 31.2 ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones/Clubes y Salas de Juego) y reflectancias superficiales bajas para un entorno propicio para navegar por Internet y jugar juegos de mesa. Las lámparas fluorescentes con gel en las cornisas iluminan indirectamente un cielorraso empotrado que se encuentra sobre un plano del cielorraso secundario de paneles de malla metálica abierta. La iluminación general del piso y la iluminación de trabajo a la altura de la mesa se logra con proyectores empotrables PAR30 CMH de 39 W sobre el plano del cielorraso de malla metálica. Estos proporcionan un patrón de áreas claras y oscuras. La iluminación de los proyectores de marco elipsoidal CMH de 70 W equipados con gobos de patrón crean los efectos de patrón luminoso en el piso del primer plano. Estos no se incluyeron como parte del diseño para cumplir con los criterios de iluminancia, pero contribuyen significativamente a definir el lugar y, por lo tanto, la conveniencia para los usuarios.

» Imagen ©2003 Gene Meadows

29.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima que se encuentra en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que una variación excesiva en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

29.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un ícono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sustentabilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

29.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambas, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": blanco y negro indica alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; gris pálido y blanco indica cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de la tarea. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden filtrar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos duros de las tareas. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones de Intensidad de Luminaria y Luminancia Predeterminadas para Aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos de velo, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en lugar de sus contrapartes especulares.

lESH/10e CSA/ISO

> 12,5 Factores de tarea
• para obtener información sobre las calidades de la pantalla de la computadora CSA/ISO

29.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “tarea propiamente dicha o área de tarea”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea. En algunas situaciones, como el acentuado, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar una “pared característica” o un “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total sobre la tarea propiamente dicha o el área de la tarea cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 29.2.

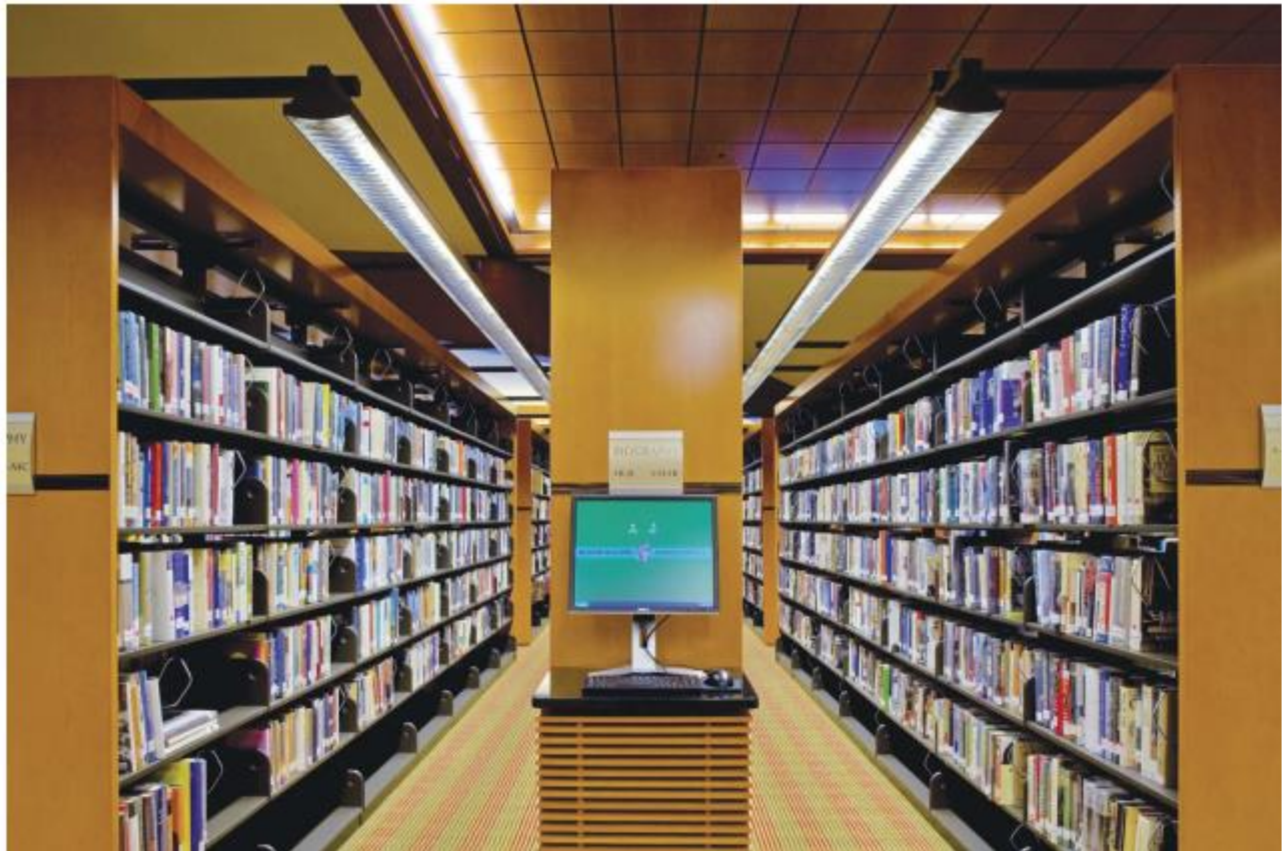


FIGURA 29.12 | PILAS DE LIBROS

Los criterios de iluminancia de las pilas que se describen en la Tabla 29.2 en BIBLIOTECA PROPIA/Circulación de Libros/Pilas de Libros Convencionales son exigentes. Esto garantiza una iluminancia suficiente a lo largo y alto de la cara de la pila para leer los lomos y, si se sacan del estante, para leer extractos de texto de la tapa, la solapa o el cuerpo. Los pisos de tonos claros ayudan al reflejar la luz hacia los estantes inferiores. Las luces de las pilas se pueden atenuar de forma continua (preferible) o escalonada durante los momentos en que no hay nadie. El diseño de estas técnicas de control debe tener en cuenta el factor de molestia para los lectores cercanos o incluso algo distantes con vista periférica de estas áreas. Esto puede determinar si se utiliza la atenuación continua, la duración de los ciclos de atenuación (que pueden ser diferentes en la escena de rampa a atenuación de la escena de rampa a brillo) y el nivel de iluminancia atenuada total seleccionado. El cielorraso relativamente oscuro que se muestra aquí (normalmente no deseado para una distribución eficiente de la luz) ayuda a definir las pilas como área focal. Si los lomos de los libros fueran principalmente blancos, el cielorraso tendría que ser blanco para lograr un equilibrio. En esta situación, se genera cierta iluminación ambiental con la iluminación de la cornisa y el cielorraso de madera, pero es proporcionalmente pequeña. La cornisa del cielorraso sirve para definir los planos arquitectónicos de fondo y establecer cierta luminancia de fondo. La iluminación de las pilas se logra con luminarias totalmente directas montadas en la parte superior de las pilas; el plano del cielorraso de madera tiene poco que ver con la eficiencia de la iluminación de las pilas.
» Imagewww.jmaconochie.com

Otra área de cobertura es la “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada se establece típicamente por la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 29.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” resultaría en cierta cantidad de reducción de LPD en comparación con la cobertura de “sala o área designada”. Si la tarea se puede limitar a

un área en lugar de a múltiples áreas, si la sala o área en la que se ubica la tarea es en sí relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

IESH/10e RECURSOS ECONÓMICOS

> 15.3.3 Presupuestos
• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA
• para obtener más información sobre estimación de costos
• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida
• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

29.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para las instalaciones de la biblioteca y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Es posible que las estrategias de selección y ubicación de los equipos deban abordar la posibilidad de abuso de los equipos de iluminación. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y los balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas de eficiencia energética y sostenibilidad son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción y orientados al trabajo

• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• usar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• usar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• usar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan sólo con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales al aire libre

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la disposición posterior por equipo, cliente o autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los observadores, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la tierra se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto o cuánto valor de ingeniería se ahorró o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir el aporte del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE IESH/10e

> 17.2 Nueva construcción

• para obtener más información sobre el diseño para la iluminación natural
• para obtener más información sobre los equipos de iluminación eléctrica
• para obtener más información sobre los controles de iluminación

> 17.4 Códigos, reglamentos y normas de iluminación
• para obtener más información sobre los estándares de aplicación
• para obtener más información sobre las normas de los equipos

IESH/10e LIGHTING EXTERIORS RESOURCES

> 12.5.5.6 Iluminancias exteriores nocturnas
• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en la adaptación mesópica

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES
• para obtener más información sobre los criterios

IESH/10e RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD
> 13.11 Sostenibilidad
• para obtener más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD
• para obtener más información sobre controles

- *para obtener más información sobre recursos de la tierra*
- *para obtener más información sobre energía*
- *para obtener más información sobre análisis del ciclo de vida*
- *para obtener más información sobre diseño de iluminación*
- *para obtener más información sobre reciclaje*

29.5 REFERENCIAS

[1] [ALM] American Library Association. 2009. The condition of U.S. libraries: Trends, 1999-2009 [Internet]. ALA. [cited September 11, 2010]. Available from: ala.org/ala/research/initiatives/Condition_of_Libraries_1999.20.pdf.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 12.

[3] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. Lighting for Educational Facilities RP-3-00(R2006). New York: IESNA. 47 p.


©Barry Wise/ShutterPoint

30 / ILUMINACIÓN PARA FABRICACIÓN

Existen oportunidades ilimitadas en cada industria. Donde hay una mente abierta, siempre habrá una frontera. Charles Kettering, inventor

CONTENIDO

Un sistema de iluminación bien diseñado contribuye de manera importante al éxito de una instalación industrial. La iluminación ayuda a proporcionar la visibilidad necesaria para tareas complejas, a menudo tridimensionales, que deben realizarse de manera eficiente y segura. Las aplicaciones industriales presentan algunas de las tareas más difíciles, peligrosas y exigentes que se realizan y es esencial que se requiera una iluminación adecuada. Los entornos industriales en los que estos sistemas de iluminación deben funcionar son únicos: a menudo se encuentran temperaturas extremas, mantenimiento difícil, movimiento a alta velocidad y áreas de trabajo inmediatas empotradas o en sombra. Todo esto representa un desafío de diseño de iluminación que requiere amplia información y una buena planificación.

Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar los objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para aplicaciones industriales que deberían influir en las selecciones ópticas de luminarias, lámparas y diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (ver 15.2 Un esquema de iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES sirven como fuentes de referencia de archivo [1] (2). Se debe pensar deliberadamente en detalles más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en INSPECCIÓN/Difícil, las citas de iluminancia no revelan la necesidad de

comprender el requisito de iluminación difusa o direccional. Cualquiera de las dos formas puede producir la iluminancia requerida, pero un conocimiento detallado de la tarea en cuestión generalmente dicta los requisitos direccionales de la iluminación: si resaltar un hilo tirado con luz rasante, mostrar un rasguño con muchas fuentes pequeñas o revelar las graduaciones en un calibrador con luz difusa. Cada uno de estos tipos de iluminación puede lograr la iluminancia objetivo, pero cada uno tiene una geometría apropiada dictada por la tarea que puede requerir diferentes equipos y diferentes ubicaciones. Dichos detalles específicos no se enumeran para todas las tareas. La Tabla 30.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes y reemplazar los criterios IES. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

30.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de realizar cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar algunos de los objetivos de iluminación, en particular en algunas instalaciones industriales, como almacenes y espacios de oficinas. Nuevas renovaciones en proyectos de iluminación, diseño y restauración ofrecen distintas oportunidades. Véase 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la iluminación natural puede ser la fuente de luz principal. Esto significa abordar de manera crítica la gran cantidad de factores de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

Los entornos de fabricación pueden ser bastante complejos, ya que implican una infraestructura significativa y múltiples sistemas de construcción que compiten por las mismas ubicaciones. Estas instalaciones exigen atención a la integración y planificación de sistemas. Véase la Figura 30.1.

30.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los espacios considerados y de los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, no se puede orientar mejor la iluminación a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de los tipos de espacio son necesarias al comienzo del diseño del proyecto para hacer un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de las normas de iluminación, potencia y energía. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 30.2 | Recomendaciones de iluminancia industrial deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacio, las tareas y las funciones para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaraciones con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 30.2. Las siguientes secciones describen áreas de aplicación identificables y tipos de tareas generales que se encuentran comúnmente en entornos industriales. Estas discusiones, las identificadas en la Tabla 30.1 y las aplicaciones y tareas disponibles identificadas en la Tabla 30.2 ofrecen criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

30.2.1 ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN

Muchas instalaciones industriales tienen edificios o partes de edificios que albergan funciones administrativas y de gestión, y que normalmente incluyen circulación, conferencias, salas de estar, archivo o registros, entrevistas, vestíbulos, clasificación de correo y oficinas. Cada una de estas a su vez puede implicar una serie de detalles específicos, incluida alguna forma o grado de reconocimiento, conversación, lectura, períodos de respiro o relajación y escritura, todas tareas dentro de las aplicaciones. El reconocimiento de otras personas y la conversación, por ejemplo, requieren cierta iluminación vertical a la altura de la cara (sentado o de pie, según la naturaleza de la aplicación). Se citan criterios de iluminación vertical para tales aplicaciones.

El esquema arquitectónico e incluso los detalles de las tareas variarán según la función y el tipo de instalación asociada. Estas variaciones deben afectar al diseño de la iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias.

Las áreas administrativas y de gestión pueden estar dispersas por toda una instalación o complejo o pueden estar centralizadas en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y de los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en áreas administrativas y de gestión es compatible o diferente al de otras aplicaciones.

Tabla 30.1| Lista de verificación de para Iluminación Industrial

Tópicos
✔ Recursos de Criterio y Diseño
Color
6.3 Reproducción Cromática 6.4.4 Colores de Seguridad 12.5.6 **Consideraciones de Color**
Controles
16 | **CONTROLES DE ILUMINACIÓN**
Luz Diurna
14 | **DISEÑO CON LUZ DIURNA**
Luz Eléctrica
15 | **DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA**
Parpadeo
4.6 **Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal**
Deslumbramiento
4.10.1 **Deslumbramiento Incómodo** 4.10.2 **Deslumbramiento Incapacitante**
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 30.2 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas Tabla 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea
Luminarias
8.3.2 Luminarias industriales
Luminancias
12.5.2 Luminancia 12.5 | Recomendaciones de Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 **Instalación y Mantenimiento**
Reflexiones tipo Velo y Especulares
1.5.1.1 Reflexión **Este Capítulo: Sección 30.3.6 ;** 12.5.4 Reflexiones Veladas
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 30.2 **Este Capítulo: Cuadro 30.2** 11.2 | **Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos** 12.5.1 **Tareas Visuales** **Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales**



FIGURA 30.1 | ENTORNOS DE FABRICACIÓN COMPLEJOS

Los entornos industriales suelen ser voluminosos, llenos de grandes maquinarias y estructuras de soporte para cintas transportadoras, pasarelas y teleféricos que están suspendidos a distintas alturas. Esta disposición dificulta la colocación de las luminarias. La maquinaria puede quedar ocluida por otros equipos o estructuras y conseguir una iluminación adecuada para las máquinas y las estaciones de inspección y control desde un sistema de iluminación general es un desafío. Las superficies de alta reflectancia pueden mejorar la condición al aumentar el componente interreflejado de la luz en el espacio. Esto también ayuda a equilibrar las luminancias y controlar las relaciones de uniformidad. La maquinaria moderna a menudo se opera mientras se la observa a través de paneles transparentes protectores. Estos pueden presentar reflejos de velo graves en la posición de trabajo de visión directa si las luminarias están colocadas incorrectamente. Las grandes alturas de montaje y los equipos suspendidos y la estructura de soporte dificultan el mantenimiento del sistema de iluminación. La ubicación de las luminarias, las lámparas y el efecto del mantenimiento del sistema de iluminación en la producción deben abordarse con el cliente durante el diseño.

» Imagen ©Serge Kozak/Corbis

30.2.2 ÁREAS CON HUMEDAD O TEMPERATURAS EXTREMAS, O CON ATMÓSFERAS CORROSIVAS

Es probable que haya alta humedad o atmósferas corrosivas en al menos algunas áreas de una planta típica. Dichas áreas generalmente requieren luminarias especiales. Además, las ubicaciones de iluminación exterior pueden estar expuestas a lluvia, nieve, niebla, viento, alta humedad y aire marino cargado de sal.

Los métodos habituales para protegerse contra estas atmósferas incluyen el uso de materiales que resistan la corrosión, preparaciones especiales de superficie y recubrimientos o pintura resistentes a la corrosión para luminarias como epoxi, poliéster o cloruro de polivinilo. Además, se pueden utilizar modos robustos de aplicación de pintura como recubrimiento electrostático o recubrimiento en polvo. También están disponibles luminarias que tienen carcasas exteriores no metálicas. Algunas luminarias para ubicaciones clasificadas están construidas de una manera que las hace adecuadas para áreas de alta corrosión.

Las temperaturas ambientales anormalmente altas a menudo están presentes en aplicaciones industriales, especialmente cerca del cielorraso donde están instaladas las luminarias. Las luminarias industriales están disponibles con clasificaciones para condiciones de temperatura ambiente de 40 °C, 55 °C y 65 °C (104 °F, 131 °F, 149 °F). La clasificación de temperatura de la luminaria seleccionada es importante y debe ser al menos tan alta como la temperatura en la que funcionará durante la estación más cálida del año. El factor limitante puede ser cualquiera de varios componentes dentro de la luminaria. Si el limitador es un componente de balasto, la carcasa del balasto a menudo puede montarse de forma remota en una ubicación más fresca.

A excepción de las lámparas de encendido por cebador (de sodio de alta presión y de haluro metálico de encendido por pulsos), la única limitación de distancia para la ubicación remota del balasto es el calibre del cable. Este se dimensiona para la distancia, de acuerdo con la recomendación del fabricante del balasto, para mantener las caídas de voltaje a un mínimo confortable.

Con cualquier sistema que tenga un encendedor por pulsos, la distancia máxima a la que se puede retirar el encendedor de la lámpara es limitada. En algunos casos, el encendedor se puede colocar en un compartimento que tenga un disipador de calor adecuado y permanecer con la parte óptica de la luminaria (los demás componentes sensibles al calor se pueden montar de forma remota). De lo contrario, se debe utilizar un “encendedor de largo alcance” para aumentar la distancia remota. Se debe consultar al fabricante del balasto para conocer las limitaciones exactas.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TAREAS INDUSTRIALES BÁSICAS											
MONTAJE											
•Difícil		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Exigente		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Simple		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS											
• Salas/Áreas de Descanso	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Pasillos de Transporte		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
•Servicio de Comidas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
•Áreas Generales de Tienda		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Laboratorios											
•Bancos	Eh @3' AFF; Ev @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• General	Eh @3' AFF; Ev @4' 6" AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Vestuarios	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Oficinas	Ver 32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS										
Áreas de Trabajo de Papel (Lado de línea)	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Almacenamiento de Piezas		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Área de Recepción	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
FABRICACIÓN DE COMPONENTES											
•Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Grande		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Mediano		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
OBSERVACIÓN DE PANEL DE CONTROL Y VDT	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
INSPECCIÓN											
•Difícil		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Exigente		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Simple		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
PLATAFORMAS DE CARGA/DESCARGA EXTERIORES		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Interiores de vagones de mercancías		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	5:1					
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
	5:1					
	5:1					

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) — Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TAREAS INDUSTRIALES BÁSICAS																		
MONTAJE																		
•Difícil		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■	
• Exigente		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
•Simple		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS																		
• Salas/Áreas de Descanso	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Pasillos de Transporte		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
•Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
•Servicio de Comidas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
•Áreas Generales de Tienda		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
•Laboratorios																		■
•Bancos	Eh @3' AFF; Ev @4' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		3:1		■	■	■	
• General	Eh @3' AFF; Ev @4' 6" AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1			■	■	
• Vestuarios	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Oficinas	Ver 32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS																	
Áreas de Trabajo de Papel (Lado de línea)	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Almacenamiento de Piezas		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		5:1					■
•Área de Recepción	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
FABRICACIÓN DE COMPONENTES																		
•Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■	
• Grande		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Mediano		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
OBSERVACIÓN DE PANEL DE CONTROL Y VDT	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
INSPECCIÓN																		
•Difícil		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
• Exigente		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1		■	■	
•Simple		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
PLATAFORMAS DE CARGA/DESCARGA EXTERIORES		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		5:1					
Interiores de vagones de mercancías		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		5:1					■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal – Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical – Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MECANIZADO											
• Trabajo fino en banco o máquina		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Rectificado fino		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
Trabajo medio en banco o máquina		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Trabajo desbaste en banco o máquina		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
MANTENIMIENTO		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
FABRICACIÓN MANUAL	Grabado, tallado, pintura, costura, corte, prensado, tejido, pulido o carpintería.										
•Grueso		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Exacto		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
•Medio		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
MANEJO DE MATERIALES											
• Carga	Interior de camiones y vagones de carga	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Recolección de material, clasificación		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Envoltura, embalaje y etiquetado		P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
OBSERVACIÓN DE MOTORES Y EQUIPOS		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA	Limpieza, corte, trituración, clasificación o calibrado										
•Grueso		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Medio		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Fino		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
•Muy fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
ESPACIOS DE SERVICIO											
• Ascensores, carga y pasajeros	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
•Escaleras, pasillos	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
•Baños y cuartos de lavado	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ENVÍO Y RECEPCIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
BODEGAJE Y ALMACENAMIENTO											
•Inactivo		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
Activo: artículos voluminosos etiquetas grandes		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Activo: artículos pequeños; etiquetas pequeñas		P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
	3:1					
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
	3:1					
	3:1					
	3:1					
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
	5:1					
	5:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f / g	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MECANIZADO																	
• Trabajo fino en banco o máquina		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			
• Rectificado fino		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			
Trabajo medio en banco o máquina		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			
Trabajo desbaste en banco o máquina		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			
MANTENIMIENTO		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1				
FABRICACIÓN MANUAL	Grabado, tallado, pintura, costura, corte, prensado, tejido, pulido o carpintería.																
•Grueso		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			
•Exacto		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			
•Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			
•Medio		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			
MANEJO DE MATERIALES																	
• Carga	Interior de camiones y vagones de carga	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1				
Recolección de material, clasificación		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1				
Envoltura, embalaje y etiquetado		P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1				
OBSERVACIÓN DE MOTORES Y EQUIPOS		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			
PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA	Limpieza, corte, trituración, clasificación o calibrado																
•Grueso		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			
•Medio		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			
•Fino		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			
•Muy fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			
ESPACIOS DE SERVICIO																	
• Ascensores, carga y pasajeros	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
•Escaleras, pasillos	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
•Baños y cuartos de lavado	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
ENVÍO Y RECEPCIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																
BODEGAJE Y ALMACENAMIENTO																	
•Inactivo		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		5:1				
Activo: artículos voluminosos etiquetas grandes		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		5:1				
Activo: artículos pequeños; etiquetas pequeñas		P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1				

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SOLDADURA											
• Orientación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Soldadura manual de precisión por arco		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
TAREAS INDUSTRIALES ESPECÍFICAS											
MANTENIMIENTO DE AERONAVES											
• Atraque	Todas las actividades necesarias para atracar	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Pintura	Limpieza, pintura base y pintura final del exterior	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Modificaciones de sistemas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Iluminación de rampa		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• Actividades previas al atraque		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Talleres especializados	Instrumentos, electricidad, plásticos, tapicería e inspección	U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
Operaciones y comprobaciones de sistemas	Activación de sistemas de energía requerida	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Reparaciones de sistemas	Preparación posterior a las operaciones y de acercamiento	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Restauración de sistemas	Incluyendo la instalación de nuevos componentes	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
FABRICACIÓN DE AERONAVES											
• Fabricación	Preparación para el ensamblaje										
• Perforación, remachado, fijación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Trabajos de diseño y plantillas	Dar forma y alisar piezas pequeñas para fuselaje, secciones de alas, carenado	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Trazado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Revestimiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General											
• Piezas en bruto fáciles de ver		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Piezas en bruto difíciles de ver		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Medio		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Fino		U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Extrafino		W	1500	3000	6000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Primeras operaciones de fabricación	Ver trabajos de chapa metálica										
• Área de pruebas de vuelo y entrega		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1 a relación E_h/2 a relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SOLDADURA																		
• Orientación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Soldadura manual de precisión por arco		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
TAREAS INDUSTRIALES ESPECÍFICAS																		
MANTENIMIENTO DE AERONAVES																		
• Atraque	Todas las actividades necesarias para atracar	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1	■			■
• Pintura	Limpieza, pintura base y pintura final del exterior	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
• Modificaciones de sistemas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
• Iluminación de rampa		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.			10:1	■			■
• Actividades previas al atraque		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
• Talleres especializados	Instrumentos, electricidad, plásticos, tapicería e inspección	U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.			3:1				■
Operaciones y comprobaciones de sistemas	Activación de sistemas de energía requerida	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Reparaciones de sistemas	Preparación posterior a las operaciones y de acercamiento	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Restauración de sistemas	Incluyendo la instalación de nuevos componentes	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
FABRICACIÓN DE AERONAVES																		
• Fabricación	Preparación para el ensamblaje																■	
• Perforación, remachado, fijación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Trabajos de diseño y plantillas	Dar forma y alisar piezas pequeñas para fuselaje, secciones de alas, carenado	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
• Trazado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Revestimiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• General																	■	
• Piezas en bruto fáciles de ver		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1	■		■	
• Piezas en bruto difíciles de ver		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1			■	
• Medio		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1			■	
• Fino		U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.			3:1		■	■	
• Extrafino		W	1500	3000	6000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Primeras operaciones de fabricación	Ver trabajos de chapa metálica																■	
• Área de pruebas de vuelo y entrega		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1			■	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES DE INDUSTRIAS AUTOMOTRICES											
• Fabricación de baterías		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Área de hornos de fundición		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Ensamblaje de chasis y carrocería		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Esmaltado y vidriado de arcilla		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Salas de hornos y moldes de arcilla		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Patios de carbón, almacenamiento de aceite		D	3	6	12	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Salas de control y despacho		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Áreas de almacenamiento activo exterior		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Almacenamiento inactivo exterior		G	7.5	15	30	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Entradas peatonales exteriores		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Ensamblaje final	Acabado de la carrocería, difícil inspección	V	1000	2000	4000	Prom.	V	1000	2000	4000	Prom.
• Inspección fina y difícil	Grietas en la fundición	X	2500	5000	10000	Prom.	X	2500	5000	10000	Prom.
• Forjados, fundición y vertido		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Ensamblaje de bastidores		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Fabricación de pintura general. enchapado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Corte e inspección de vidrio		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Salas de hornos de vidrio		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Rectificado y descascarillado		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Salas de subestaciones y HVAC		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Salas de almacenamiento interior inactivas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Grandes áreas de fundición y moldeo	Fundición del motor	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Muelles de carga		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Vestuarios	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Operaciones de mecanizado	Piezas del motor	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Mantenimiento y reparación de máquinas		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Áreas de fundición y moldeo medianas	Cigüeñales	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Subestaciones al aire libre		G	7.5	15	30	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Áreas de estacionamiento	Ver 26 | ILUMINACIÓN EXTERIOR										
Estaciones de inspección de piezas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Chapado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Pulido y bruñido		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Central eléctrica		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Salas de prensas		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Puntos de cambio de vía de ferrocarril		G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Talleres de servicio		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Laminado de chapa de acero		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificación		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Áreas de hornos de acero		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Áreas de maniobra de camiones		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Tapizado		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Instalaciones de tratamiento de residuos	Interior	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES DE INDUSTRIAS AUTOMOTRICES																		
• Fabricación de baterías		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				■
• Área de hornos de fundición		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
Ensamblaje de chasis y carrocería		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■	
Esmaltado y vidriado de arcilla		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■	
Salas de hornos y moldes de arcilla		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
Patios de carbón, almacenamiento de aceite		D	3	6	12	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.			3:1				■
• Salas de control y despacho		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1				■
• Áreas de almacenamiento activo exterior		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
• Almacenamiento inactivo exterior		G	7.5	15	30	Prom.	C	2	4	8	Prom.			10:1				■
• Entradas peatonales exteriores		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
• Ensamblaje final	Acabado de la carrocería, difícil inspección	V	1000	2000	4000	Prom.	V	1000	2000	4000	Prom.			3:1			■	
• Inspección fina y difícil	Grietas en la fundición	X	2500	5000	10000	Prom.	X	2500	5000	10000	Prom.			3:1			■	
• Forjados, fundición y vertido		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Ensamblaje de bastidores		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Fabricación de pintura general. enchapado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Corte e inspección de vidrio		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
• Salas de hornos de vidrio		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■	
• Rectificado y descascarillado		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
Salas de subestaciones y HVAC		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
Salas de almacenamiento interior inactivas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
• Grandes áreas de fundición y moldeo	Fundición del motor	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
• Muelles de carga		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
• Vestuarios	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	■
• Operaciones de mecanizado	Piezas del motor	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	■	
• Mantenimiento y reparación de máquinas		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1				■
• Áreas de fundición y moldeo medianas	Cigüeñales	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1				■
• Subestaciones al aire libre		G	7.5	15	30	Prom.	C	2	4	8	Prom.			10:1				■
• Áreas de estacionamiento	Ver 26 | ILUMINACIÓN EXTERIOR																	■
Estaciones de inspección de piezas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				■
• Chapado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Pulido y bruñido		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
• Central eléctrica		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				■
• Salas de prensas		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1				■
• Puntos de cambio de vía de ferrocarril		G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			10:1				■
• Talleres de servicio		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1	■			■
• Laminado de chapa de acero		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Clasificación		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				■
• Áreas de hornos de acero		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
• Áreas de maniobra de camiones		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
• Tapizado		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■	
• Instalaciones de tratamiento de residuos	Interior	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■			■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN											
• Soldadura de carrocerías											
• Iluminación de procesos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Soldadura fuerte		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Área de inspección	Banco o mesa										
· Área de trabajo de soldador manual											
· Carga		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Soldadura		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Descarga		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Celda de soldadura robotizada											
• Calidad											
Laboratorio de calidad, general		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Laboratorio de calidad	Banco de pruebas o zona de campana	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
•Fundición											
• Iluminación de edificios											
Almacenamiento de piezas estampadas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Iluminación de procesos											
· Recocido		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Fabricación de núcleos											
· Fino		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Medio		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Cúpula		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Rectificado y descascarillado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Moldeo											
· Grande		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Medio		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Vertido		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Desbaste		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Clasificación		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Pintura											
• Iluminación del edificio											
• Plataforma/área del horno		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Mezcla de pintura		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
•Sala de almacenamiento de pintura		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN																		
• Soldadura de carrocerías																		
• Iluminación de procesos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				
· Soldadura fuerte		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				
· Área de inspección	Banco o mesa																	
· Área de trabajo de soldador manual																		
· Carga		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Soldadura		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				
· Descarga		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
Celda de soldadura robotizada																		
• Calidad																		
Laboratorio de calidad, general		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1				
· Laboratorio de calidad	Banco de pruebas o zona de campana	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1				
• Fundición																		
• Iluminación de edificios																		
Almacenamiento de piezas estampadas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				
• Iluminación de procesos																		
· Recocido		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Fabricación de núcleos																		
· Fino		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
· Medio		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
· Cúpula		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Rectificado y descascarillado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
· Moldeo																		
· Grande		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
· Medio		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
· Vertido		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
· Desbaste		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Clasificación		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				
• Pintura																		
• Iluminación del edificio																		
• Plataforma/área del horno		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				
· Mezcla de pintura		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				
• Sala de almacenamiento de pintura		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(Pintura, continuación)										
• Iluminación de procesos											
• Cabina de pintura											
• Zona de preparación		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Pintura manual											
• Limpieza		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Producción		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Pintura robotizada											
• Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Mantenimiento		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Producción		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Evaporación											
• Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Producción		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Hospital de pintura											
• Área de taller general		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área o celda de pintura		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Hornos											
• Controles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Preparación											
• Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Desengrasado		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Controles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Capa ED		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Controles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Cabinas pequeñas											
• Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Producción		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Reparación fuera de línea											
• Área de pintura		T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Plásticos											
• Iluminación del edificio											
• Área/cubierta del horno		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Mezcla de pintura		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Cuarto de almacenamiento de pintura		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 ª relación E_h/2 ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(Plásticos, continuación)										
• Iluminación de procesos											
• Cabina de pintura											
• Zona de preparación		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Pintura manual											
• Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Producción		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Pintura robotizada											
• Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Mantenimiento		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Producción		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Evaporación											
• Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Producción		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Hornos											
• Controles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Cabinas pequeñas		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Reparación fuera de línea		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de pintura		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• IMM											
• Panel de control		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de carga de troqueles		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Áreas de equipos de IMM		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de carga		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Área de descarga de piezas		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Reparación de troqueles											
• Celda de inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Celda de reparación		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Área de taller		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Tren motriz											
• Iluminación de procesos											
• Recocido		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Ensamblaje		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Panel de control		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Tratamiento térmico		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Celdas/zonas de inspección		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Taller de mantenimiento		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Líneas de máquinas											
• Mantenimiento		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Operaciones normales		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cambio de herramientas		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f] / [g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(Plásticos, continuación)																
• Iluminación de procesos																	
· Cabina de pintura																	
· Zona de preparación		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		X	
· Pintura manual																X	
· Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1	g	X	
· Producción		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	g (gris)	X	
· Pintura robotizada																X	
· Limpieza		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1	g	X	
· Mantenimiento		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1	g (gris)	X	
· Producción		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1		X	
· Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		X	
· Evaporación																X	
· Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Produción		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Hornos																X	
· Controles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Cabinas pequeñas		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		X	
· Reparación fuera de línea		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Área de pintura		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		X	
· Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		X	
· IMM																X	
· Panel de control		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Área de carga de troqueles		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			X
· Áreas de equipos de IMM		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			X
· Área de carga		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			X
· Área de descarga de piezas		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			X
· Reparación de troqueles																X	
· Celda de inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	g	X	
· Celda de reparación		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		X	
· Área de taller		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			X
• Tren motriz																	
• Iluminación de procesos																	
· Recocido		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		X	
· Ensamblaje		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		X	
· Panel de control		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Tratamiento térmico		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		X	
· Celdas/zonas de inspección		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			X
· Taller de mantenimiento		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			X
· Líneas de máquinas																	
· Mantenimiento		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.			3:1			X
· Operaciones normales		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			X
· Cambio de herramientas		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			X

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(Líneas de transmisión/máquinas, continuación)										
• Taller de reparación de herramientas											
• Área de taller		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Bancos de reparación de herramientas		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Calidad											
• Laboratorio de calidad, general		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Laboratorio de calidad	Banco de pruebas o área del capó	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Celdas de prueba		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Prensa											
• Iluminación del edificio											
• Almacenamiento de matrices		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Pozos de prensa		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Almacenamiento de piezas estampadas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Iluminación de proceso											
• Prensa de estampado automatizada											
• Panel de control		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área de carga de matrices		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área de descarga de piezas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Prensa Corona		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de equipos de prensa		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Interior de prensa		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área de carga de láminas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Prensa de estampado manual											
• Panel de control		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de carga de matrices		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de descarga de piezas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Prensa Corona		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de equipos de prensa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Interior de prensa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de carga de láminas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Reparación de matrices											
• Celda de reparación		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Área de taller		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Celda de inspección		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Servicios públicos, exterior											
• Áreas exteriores											
• Torres de enfriamiento		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Área general, suelo		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Áreas de lectura de medidores		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
Escaleras tijera y escaleras, desocupadas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Estaciones de carga		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vías de tránsito, alto uso		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación $E_h/2$ [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(Líneas de transmisión/máquinas, continuación)																	
· Taller de reparación de herramientas																		■
· Área de taller		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
· Bancos de reparación de herramientas		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1		■	■	
· Calidad																		
· Laboratorio de calidad, general		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1	■			■
· Laboratorio de calidad	Banco de pruebas o área del capó	T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
· Celdas de prueba		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	■	
• Prensa																		
· Iluminación del edificio																		
· Almacenamiento de matrices		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1	■			■
· Pozos de prensa		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				■
Almacenamiento de piezas estampadas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Iluminación de proceso																		
· Prensa de estampado automatizada																		
· Panel de control		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
· Área de carga de matrices		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Área de descarga de piezas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Prensa Corona		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
· Áreas de equipos de prensa		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Interior de prensa		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Área de carga de láminas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Prensa de estampado manual																		■
· Panel de control		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
· Área de carga de matrices		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
· Área de descarga de piezas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
· Prensa Corona		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
· Áreas de equipos de prensa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
· Interior de prensa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
· Área de carga de láminas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
· Reparación de matrices																		■
· Celda de reparación		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				■
· Área de taller		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
· Celda de inspección		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■		■
•Servicios públicos, exterior																		
•Áreas exteriores																		
·Torres de enfriamiento		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
·Área general, suelo		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				■
· Áreas de lectura de medidores		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1		■		■
Escaleras tijera y escaleras, desocupadas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
·Estaciones de carga		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
· Vías de tránsito, alto uso		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(continuación)										
•Servicios públicos											
• Iluminación de edificios											
• Subestación eléctrica		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Área general del piso		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Áreas de proceso											
• Área de control de calderas		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Área de control de enfriadores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Área de control de compresores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Áreas de lectura de medidores		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Espacios de oficina	Ver 32 / ILUMINACIÓN PARA OFICINAS										
• Controles de WWT		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
PANADERÍAS											
• Decoración y glaseado											
• Mecánica		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Manual		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Sala de fermentación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Rellenos y otros ingredientes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Sala de maquillaje											
• Pan		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Productos dulces fermentados con levadura		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Sala de mezclas		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Cara de los estantes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Interior de los estantes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de hornos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de fermentación		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Básculas y termómetros		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Envoltura		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
ENCUADERNACIÓN											
• Corte, perforación, cosido		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Estampado e inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Plegado, ensamblaje, pegado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
CERVECERÍAS											
• Hervido y lavado de barriles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de cocción		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Llenado	Botellas, latas o barriles	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura [h]	
1 a relación E_h/2 a relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MEJORES PRÁCTICAS EN AUTOMOCIÓN	(continuación)																	
•Servicios públicos																		
• Iluminación de edificios																		
· Subestación eléctrica		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				
· Área general del piso		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				
• Áreas de proceso																		
· Área de control de calderas		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
· Área de control de enfriadores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
· Área de control de compresores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
· Áreas de lectura de medidores		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				
· Espacios de oficina	Ver 32 / ILUMINACIÓN PARA OFICINAS																	
· Controles de WWT		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
PANADERÍAS																		
• Decoración y glaseado																		
• Mecánica		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Manual		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
•Sala de fermentación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Rellenos y otros ingredientes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
•Sala de maquillaje																		
• Pan		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
Productos dulces fermentados con levadura		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
•Sala de mezclas		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
• Cara de los estantes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Interior de los estantes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Sala de hornos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Sala de fermentación		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
• Básculas y termómetros		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Envoltura		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
ENCUADERNACIÓN																		
• Corte, perforación, cosido		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
• Estampado e inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
• Plegado, ensamblaje, pegado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
CERVECERÍAS																		
• Hervido y lavado de barriles		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Sala de cocción		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
• Llenado	Botellas, latas o barriles	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	Objetivos (E_h) Horizontal <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Objetivos (E_v) Vertical <25	25-65	>65	Indicador
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	Exterior										
• Trabajos de excavación		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Construcción general		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Entradas											
• Activo	Peatonal o medio de transporte	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Inactivo	Normalmente cerrado y de uso poco frecuente	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Ubicaciones o estructuras vitales		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Alrededores de edificios		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
FABRICACIÓN DE DULCES											
• Departamento de chocolate		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Elaboración de crema		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Decoración manual		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Caramelos duros: corte, clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Molino		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
ENLATADO Y CONSERVACIÓN											
• Enlatado											
Enlatado continuo con cinta transportadora		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Enlatado con fregadero		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Envasado manual		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Aceitunas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Desenredadores de latas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Manipulación de contenedores											
• Corte y deshuesado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Examen de muestras enlatadas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Clasificación final		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Clasificación inicial	Muestras de materia prima	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificación por color y salas de corte		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Tomates		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Etiquetado y encartonado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Preparación											
• Selección preliminar											
· Albaricoques y melocotones		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Aceitunas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Tomates		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.

Column group headings: Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d; Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación $E_h/2$ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	Exterior																	
•Trabajos de excavación		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				
•Construcción general		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.			5:1				
•Entradas																		
•Activo	Peatonal o medio de transporte	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				
•Inactivo	Normalmente cerrado y de uso poco frecuente	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1				
•Ubicaciones o estructuras vitales		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				
•Alrededores de edificios		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1				
FABRICACIÓN DE DULCES																		
•Departamento de chocolate		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
•Elaboración de crema		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				
•Decoración manual		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
•Caramelos duros: corte, clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
•Molino		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
ENLATADO Y CONSERVACIÓN																		
•Enlatado																		
Enlatado continuo con cinta transportadora		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
• Enlatado con fregadero		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
• Envasado manual		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Aceitunas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
•Desenredadores de latas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
•Manipulación de contenedores																		
•Corte y deshuesado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
• Examen de muestras enlatadas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
•Clasificación final		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
•Clasificación inicial	Muestras de materia prima	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
• Clasificación por color y salas de corte		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
• Tomates		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				
•Inspección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
• Etiquetado y encartonado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
•Preparación																		
• Selección preliminar																		
· Albaricoques y melocotones		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				
· Aceitunas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				
· Tomates		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FUNDICIÓN	Ver Fundiciones										
CENTRALES	Ver Centrales Generadoras Eléctricas										
PLANTAS QUÍMICAS	Ver Plantas Petroleras y Químicas										
PRODUCTOS DE ARCILLA Y HORMIGÓN											
•Color y esmaltado - trabajo fino		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
Color y esmaltado - trabajo en bruto		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Esmaltado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Molienda de filtros prensa, sala de hornos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Moldeo, prensado, limpieza, recorte		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
INDUSTRIA DE LIMPIEZA Y PRENSADO											
•Control y clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Limpieza en seco y en húmedo		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Inspección y desmantelamiento		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Prensado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Reparación y alteración		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Tratamiento con vapor		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
FABRICACIÓN DE PRENDAS	Ver también Productos Cosidos										
•Corte		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Examen	Emperchado	X	2500	5000	20000	Prom.	X	2500	5000	10000	Prom.
• Ajuste, empaquetado, sombreado, costura		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Medición		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Fabricación de patrones		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Preparación de recortes, ribetes		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Apilado y marcado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Prensado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Recepción, apertura, almacenamiento, envío		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Tiendas		U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
Esponjado, decapado, bobinado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Trabajos con lona, relleno		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
PATIOS DE CARBONERÍAS EXTERIOR, PROTEJIDOS		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FUNDICIÓN	Ver Fundiciones																	
CENTRALES	Ver Centrales Generadoras Eléctricas																	
PLANTAS QUÍMICAS	Ver Plantas Petroleras y Químicas																	
PRODUCTOS DE ARCILLA Y HORMIGÓN																		
• Color y esmaltado - trabajo fino		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
Color y esmaltado - trabajo en bruto		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Esmaltado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	■	
Molienda de filtros prensa, sala de hornos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
• Moldeo, prensado, limpieza, recorte		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
INDUSTRIA DE LIMPIEZA Y PRENSADO																		
• Control y clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■		■	
• Limpieza en seco y en húmedo		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Inspección y desmantelamiento		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
• Prensado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Reparación y alteración		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Tratamiento con vapor		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
FABRICACIÓN DE PRENDAS	Ver también Productos Cosidos																	
• Corte		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
• Examen	Emperchado	X	2500	5000	20000	Prom.	X	2500	5000	10000	Prom.			3:1			■	
• Ajuste, empaquetado, sombreado, costura		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Medición		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Fabricación de patrones		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Preparación de recortes, ribetes		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Apilado y marcado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Prensado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Recepción, apertura, almacenamiento, envío		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■		■	
• Tiendas		U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.			3:1	■			■
Esponjado, decapado, bobinado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Trabajos con lona, relleno		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
PATIOS DE CARBONERÍAS EXTERIOR, PROTEJIDOS		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
SALAS DE CONTROL	Ver Centrales Generadoras Eléctricas - Interior										
GRANJAS LÁCTEAS	Ver Granjas										
PRODUCTOS LÁCTEOS											
•Sala de calderas		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Almacenamiento de botellas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Clasificación de botellas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Lavadoras de botellas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Lavadoras de latas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Equipos de refrigeración		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Inspección de llenado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Industria de leche fluida											
Manómetros, medidores, termómetros	Sobre la cara del instrumento	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Laboratorios		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Pasteurizadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Separadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Frigorífico de almacenamiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Tanques, cubas											
•Interiores luminosos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Interiores oscuros		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Sala de pesaje		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Básculas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
TABLEROS DE DESPACHO	Ver Centrales Generadoras Eléctricas										
DRAGADO-EXTERIOR		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
FABRICACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS											
•Impregnación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Aislamiento: bobinado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			f	g	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
SALAS DE CONTROL	Ver Centrales Generadoras Eléctricas - Interior																	
GRANJAS LÁCTEAS	Ver Granjas																	
PRODUCTOS LÁCTEOS																		
•Sala de calderas		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1	■			■
•Almacenamiento de botellas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■			■
•Clasificación de botellas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■		■
•Lavadoras de botellas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
•Lavadoras de latas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
•Equipos de refrigeración		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Inspección de llenado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Industria de leche fluida																	■	
Manómetros, medidores, termómetros	Sobre la cara del instrumento	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Laboratorios		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
•Pasteurizadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Separadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
Frigorífico de almacenamiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Tanques, cubas																	■	
•Interiores luminosos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
•Interiores oscuros		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Sala de pesaje		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
•Básculas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
TABLEROS DE DESPACHO	Ver Centrales Generadoras Eléctricas																	
DRAGADO-EXTERIOR		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				■
FABRICACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS																		
•Impregnación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Aislamiento: bobinado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	

1 [a] relación $E_h/2$ [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTRALES ELÉCTRICAS-INTERIOR	Véase también Centrales nucleares										
•Equipos de aire acondicionado		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Precalentador de aire y piso de ventiladores		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Lavado de cenizas		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Auxiliares	Bombas, tanques, compresores y zonas de medición	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
•Salas de baterías		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Plataformas de calderas		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Plataformas de quemadores		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
•Sala de cables		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Pisos	Para condensadores, desaireadores, evaporadores, calentadores	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Salas de control											
Área de mantenimiento y cableado		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Iluminación de operación de emergencia		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Lectura de medidores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Área colectores de hidrógeno y CO^2		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Centros de control de motores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Precipitadores		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Sala de pantallas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
Plataforma de sopladores de hollín o escoria		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
Cabezales y trotones de vapor		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Aparatos de distribución		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Salas de equipos de telecomunicaciones		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Túneles o galerías	Para tuberías y electricidad	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Edificio de turbinas											
• Piso de operaciones		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Debajo, piso de operaciones		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Galería de visitantes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Área de tratamiento de agua		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
CENTRALES ELÉCTRICAS-EXTERIOR	Véase también Centrales Nucleares										
• Áreas de calderas											
• Pasarelas, área general		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Escaleras, plataformas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Áreas a nivel del suelo	Incluye precipitadores, ventiladores de FD e ID, tolvas de cenizas de fondo	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Torres de enfriamiento											
• Cubierta de ventiladores		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
Plataformas, escaleras, áreas de válvulas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Áreas de bombas		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTRALES ELÉCTRICAS-INTERIOR	Véase también Centrales nucleares																	
•Equipos de aire acondicionado		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
Precalentador de aire y piso de ventiladores		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
•Lavado de cenizas		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
•Auxiliares	Bombas, tanques, compresores y zonas de medición	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■
•Salas de baterías		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
•Plataformas de calderas		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1				■
•Plataformas de quemadores		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■
•Sala de cables		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1				■
•Pisos	Para condensadores, desaireadores, evaporadores, calentadores	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1				■
•Salas de control																		
Área de mantenimiento y cableado		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
Iluminación de operación de emergencia		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
• Lectura de medidores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
•Área colectores de hidrógeno y CO^2		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Centros de control de motores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Precipitadores		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
• Sala de pantallas		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
Plataforma de sopladores de hollín o escoria		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
Cabezales y trotones de vapor		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
•Aparatos de distribución		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
Salas de equipos de telecomunicaciones		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
•Túneles o galerías	Para tuberías y electricidad	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
•Edificio de turbinas																		
• Piso de operaciones		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Debajo, piso de operaciones		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
•Galería de visitantes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■			■
• Área de tratamiento de agua		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
CENTRALES ELÉCTRICAS-EXTERIOR	Véase también Centrales Nucleares																	
• Áreas de calderas																		
• Pasarelas, área general		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■
• Escaleras, plataformas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
• Áreas a nivel del suelo	Incluye precipitadores, ventiladores de FD e ID, tolvas de cenizas de fondo	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
• Torres de enfriamiento																		
• Cubierta de ventiladores		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
Plataformas, escaleras, áreas de válvulas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
• Áreas de bombas		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTRALES ELÉCTRICAS-EXTERIOR	(Continuación)										
•Manejo de combustible											
• Descarga	Barcazas, volquetes, camiones	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Bombas y medición de gas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Conductores		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Tanques de almacenamiento		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.
Pilas de almacenamiento de carbón vertederos de cenizas		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Hidroeléctrica											
Área de entrada y descarga de agua		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• Casa de máquinas	Techo, escaleras, plataforma, cubiertas	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
•Estructuras de toma											
• Área de cubierta y depósito		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Área de entrada de agua		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• Pozos de valor		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Subestación											
• Área general horizontal		H	10	20	40	Prom.					
• Tareas verticales							K	25	50	100	Prom.
•Patios de transformadores											
•Área general horizontal		H	10	20	40	Prom.					
• Tareas verticales							K	25	50	100	Prom.
•Áreas de turbinas											
• Alrededores de edificios		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Entradas, escaleras y plataformas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Cubiertas de turbinas y calentadores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Muelles de descarga		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
FABRICACIÓN DE EXPLOSIVOS											
•Tanques de ebullición		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Evaporadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Extractores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Filtración		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Generadores y alambiques		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Hornos manuales		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Cristalizadores mecánicos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Secadores mecánicos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Hornos mecánicos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Nitradores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Percoladores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Secadores estacionarios		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Cristalizadores estacionarios por gravedad		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Tanques para cocción		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura[h]: Habitación o Área Designada
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTRALES ELÉCTRICAS-EXTERIOR	(Continuación)															
•Manejo de combustible																
• Descarga	Barcazas, volquetes, camiones	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1		
• Bombas y medición de gas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		
• Conductores		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1		
• Tanques de almacenamiento		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1		
Pilas de almacenamiento de carbón vertederos de cenizas		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.			10:1		
• Hidroeléctrica																
Área de entrada y descarga de agua		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1		
• Casa de máquinas	Techo, escaleras, plataforma, cubiertas	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1		
•Estructuras de toma																
• Área de cubierta y depósito		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		
• Área de entrada de agua		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1		
• Pozos de valor		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1		
•Subestación																
• Área general horizontal		H	10	20	40	Prom.								10:1		
• Tareas verticales							K	25	50	100	Prom.			5:1		
•Patios de transformadores																
• Área general horizontal		H	10	20	40	Prom.								10:1		
• Tareas verticales							K	25	50	100	Prom.			5:1		
•Áreas de turbinas																
• Alrededores de edificios		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1		
• Entradas, escaleras y plataformas		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1		
• Cubiertas de turbinas y calentadores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		
• Muelles de descarga		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		
FABRICACIÓN DE EXPLOSIVOS																
•Tanques de ebullición		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
•Evaporadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Extractores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
•Filtración		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Generadores y alambiques		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
•Hornos manuales		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Cristalizadores mecánicos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Secadores mecánicos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
•Hornos mecánicos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Nitradores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Percoladores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Secadores estacionarios		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
Cristalizadores estacionarios por gravedad		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		
• Tanques para cocción		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
GRANJAS-LECHERÍA											
•Área de tienda de la granja											
Área de almacenamiento activo		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Área de tienda general	Reparación de maquinaria, aserrado en bruto	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Banco de trabajo, trabajo de máquinas	Pintura. trabajos de chapa, soldadura, trabajos de banco medianos	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Banco mediano, trabajo de máquinas	Carpintería fina, taladro de columna, torno para metales, rectificadora	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Área de alimentación	Establo, granero, pasillo de alimentación, corrales, área de alimentación de establos sueltos	N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
Área de almacenamiento de alimento-forraje											
• Cortadora de heno		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Área de inspección de heno		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Escaleras y escalones		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Silo		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Sala de silos		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
Área de almacenamiento de alimento											
• Tolva de granos		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Área de almacenamiento de concentrado		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
Área de procesamiento de alimento		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Área de alojamiento de ganado	Comunidad, maternidad, corrales individuales para terneros y alojamiento suelto, y área de descanso	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Área de almacenamiento de máquinas	Garaje y cobertizo para maquinaria										
• Inactivo		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Activo		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Artículos pequeños		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Artículos grandes		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Área de operación de ordeño	Sala de ordeño y establo										
• General		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Ubre de vaca		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Equipo de manipulación de leche y área de almacenamiento	Establo o sala de ordeño										
• General		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Área de lavado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Interior de tanques a granel		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Plataforma de carga		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas varias											
• Oficina de la granja	Ver 32/ ILUMINACIÓN PARA OFICINAS										
• Sala de bombas		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
GRANJAS-AVÍCOLA	Ver Industria Avícola										

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
GRANJAS-LECHERÍA														
•Área de tienda de la granja														
Área de almacenamiento activo		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1
•Área de tienda general	Reparación de maquinaria, aserrado en bruto	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1
Banco de trabajo, trabajo de máquinas	Pintura. trabajos de chapa, soldadura, trabajos de banco medianos	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1
Banco mediano, trabajo de máquinas	Carpintería fina, taladro de columna, torno para metales, rectificadora	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1
•Área de alimentación	Establo, granero, pasillo de alimentación, corrales, área de alimentación de establos sueltos	N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1
Área de almacenamiento de alimento-forraje														
• Cortadora de heno		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1
• Área de inspección de heno		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1
• Escaleras y escalones		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1
• Silo		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1
• Sala de silos		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1
Área de almacenamiento de alimento														
• Tolva de granos		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1
Área de almacenamiento de concentrado		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1
Área de procesamiento de alimento		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1
Área de alojamiento de ganado	Comunidad, maternidad, corrales individuales para terneros y alojamiento suelto, y área de descanso	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1
Área de almacenamiento de máquinas	Garaje y cobertizo para maquinaria													
• Inactivo		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1
• Activo		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1
· Artículos pequeños		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1
· Artículos grandes		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1
• Área de operación de ordeño	Sala de ordeño y establo													
• General		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1
• Ubre de vaca		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1
• Equipo de manipulación de leche y área de almacenamiento	Establo o sala de ordeño													
• General		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1
• Área de lavado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1
• Interior de tanques a granel		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1
• Plataforma de carga		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1
• Áreas varias														
• Oficina de la granja	Ver 32/ ILUMINACIÓN PARA OFICINAS													
• Sala de bombas		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1
GRANJAS-AVÍCOLA	Ver Industria Avícola													

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	Objetivos (E_h) Horizontal <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Objetivos (E_v) Vertical <25	25-65	>65	Indicador
MOLINOS DE HARINA											
• Pasillos y pasarelas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Control de tolvas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Pantallas de limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Elevadores de personal		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Envasado		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Control de producto		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Laminación, tamizado, purificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
TALLERES DE FORJA		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
FUNDICIONES											
• Hornos de recocido		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Fabricación de núcleos											
•Fino		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Medio		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Cúpula		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Molino y descascarillado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Moldeo											
• Medio		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Grande		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Colada		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Desbaste		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
GARAJES-ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
GARAJES-SERVICIO											
• Zonas de tráfico activo		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
•Reparaciones		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Escritura		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
TALLERES DE VIDRIO											
•Máquinas de soplado de vidrio		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Salas de mezcla y hornos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Prensado y horno de cocción		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
FABRICACIÓN DE GUANTES	Ver productos cosidos										

Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d; Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25, 25-65, >65.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
MOLINOS DE HARINA																		
• Pasillos y pasarelas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Control de tolvas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Pantallas de limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Elevadores de personal		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Envasado		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
• Control de producto		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				■
• Laminación, tamizado, purificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
TALLERES DE FORJA		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
FUNDICIONES																		
• Hornos de recocido		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1				■
• Limpieza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Fabricación de núcleos																		
• Fino		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Medio		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Cúpula		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1			■	
• Molino y descascarillado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Moldeo																		
• Medio		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
• Grande		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Colada		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Desbaste		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
GARAJES-ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
GARAJES-SERVICIO																		
• Zonas de tráfico activo		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■
• Reparaciones		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	■	
• Escritura		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1		■	■	
TALLERES DE VIDRIO																		
• Máquinas de soplado de vidrio		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1		■	■	
• Salas de mezcla y hornos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Prensado y horno de cocción		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
FABRICACIÓN DE GUANTES	Ver productos cosidos																	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FABRICACIÓN DE SOMBREROS											
• Limpieza, refinación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Teñido, endurecimiento, trenzado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Conformado, punzonado,planchado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Encolado, rebordeado, acabado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
FABRICACIÓN DE HIERRO Y ACERO											
• Hogar abierto		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Reparación de carros y puertas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Edificio de calcinación		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Piso de carga		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Bodega de verificación		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Tapa caliente		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Almacenamiento de tapa caliente		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Edificio de mezcladoras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Patio de moldes		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tobogán de vertido											
· Plataformas de control		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Pozos de escoria		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Patio de almacenamiento de chatarra		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Rompecráneos		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Patio de almacenamiento		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Patio de desmoldeo		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Laminadores											
• Desbastado, Descascarillado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Placa de tira fría		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Fleje en frío, chapa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Fleje en caliente, chapa en caliente		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Trefilado de tubos, varillas, cañerías y alambres		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Laminadores de hojalata											
• Laminado de fleje en frío		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Estañado y galvanizado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Sala de máquinas, sala de motores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Inspección											
• Chapa negra		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Descascarillado de tochos y palanquillas		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Hojalata, otras superficies brillantes		V	1000	2000	4000	Prom.	V	1000	2000	4000	Prom.
FABRICACIÓN DE JOYAS Y RELOJES		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f / g	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FABRICACIÓN DE SOMBREROS																	
• Limpieza, refinación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■
Teñido, endurecimiento, trenzado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■
Conformado, punzonado,planchado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■
• Encolado, rebordeado, acabado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■
FABRICACIÓN DE HIERRO Y ACERO																	
• Hogar abierto		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Reparación de carros y puertas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
• Edificio de calcinación		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Piso de carga		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■
• Bodega de verificación		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Tapa caliente		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■
Almacenamiento de tapa caliente		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1		■	
• Edificio de mezcladoras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■
• Patio de moldes		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■
• Tobogán de vertido																	■
· Plataformas de control		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■
· Pozos de escoria		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■
Patio de almacenamiento de chatarra		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.			5:1			■
• Rompecráneos		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Patio de almacenamiento		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■
• Patio de desmoldeo		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■
• Laminadores																	
• Desbastado, Descascarillado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
• Placa de tira fría		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
• Fleje en frío, chapa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
Fleje en caliente, chapa en caliente		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
Trefilado de tubos, varillas, cañerías y alambres		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	
• Laminadores de hojalata																	
• Laminado de fleje en frío		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	
• Estañado y galvanizado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	
Sala de máquinas, sala de motores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■
• Inspección																	
• Chapa negra		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	
Descascarillado de tochos y palanquillas		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	
Hojalata, otras superficies brillantes		V	1000	2000	4000	Prom.	V	1000	2000	4000	Prom.			3:1		■	
FABRICACIÓN DE JOYAS Y RELOJES		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1	■	■	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LAVANDERÍAS											
• Planchado, pesaje, listado y marcado en trabajos planos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Planchado fino a mano		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Acabado y clasificación a máquina y prensa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Lavado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
TRABAJO DEL CUERO											
• Clasificación, emparejamiento, corte, desbarbado, costura		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Prensado, bobinado, glaseado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
TALLE - AL AIRE LIBRE	Ver también Aserraderos										
Área de manipulación de troncos activa	Agua	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ4[i]		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ0[i] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-
Área de almacenamiento de troncos activa	Suelo										
• LZ4[i]		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ0[i] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-
• Contenedores de troncos	Suelo	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
Área de tránsito de troncos	Agua	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Clasificación de troncos	Agua o Suelo	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Troncos Carga y descarga		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Estiba de troncos	Agua	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Acopio		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
ALMACENES DE MADERA	Exterior										
• LZ4[i]		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ0[i] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		-				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		-				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		-				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] ([f] [g]) Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
LAVANDERÍAS																
• Planchado, pesaje, listado y marcado en trabajos planos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
• Planchado fino a mano		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
• Acabado y clasificación a máquina y prensa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
• Lavado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
TRABAJO DEL CUERO																
• Clasificación, emparejamiento, corte, desbarbado, costura		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1	■	
• Prensado, bobinado, glaseado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	■	
TALLE - AL AIRE LIBRE	Ver también Aserraderos															
Área de manipulación de troncos activa	Agua	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1		■
• LZ4[i]		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1	■	
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1	■	
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			10:1	■	
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1	■	
• LZ0[i] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-			-	■	
Área de almacenamiento de troncos activa	Suelo															■
• LZ4[i]		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1		■
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1		■
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1		■
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.			10:1		■
• LZ0[i] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-			-		■
• Contenedores de troncos	Suelo	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1		■
Área de tránsito de troncos	Agua	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1		■
• Clasificación de troncos	Agua o Suelo	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		■
• Troncos Carga y descarga		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		■
• Estiba de troncos	Agua	D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1		■
• Acopio		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1		■
ALMACENES DE MADERA	Exterior															
• LZ4[i]		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1		■
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1		■
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1		■
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.			10:1		■
• LZ0[i] (y LZ1 toque de queda)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-			-		■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ENVASADO DE CARNE											
Limpieza, corte, cocción, molienda		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Matanza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
CENTRALES NUCLEARES	Ver también Centrales Generadoras Eléctricas										
• Edificio auxiliar, áreas de acceso no controlado		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de acceso controlado											
• Sala de recuento		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Edificio de generador diésel		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Equipo de seguridad de ingeniería		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Edificio de manipulación de combustible											
·Debajo del piso de operaciones		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Piso de operaciones		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Oficina de física sanitaria	Ver 27/ ILUMINACIÓN PARA EL CUIDADO DE LA SALUD										
• Lavandería caliente		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de asistencia médica		U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Edificio de gases de escape		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Edificio de desechos radiactivos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Edificio del reactor											
Debajo del piso de operaciones		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Piso de operaciones		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Sala de almacenamiento		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
FABRICACIÓN DE PINTURAS											
•Comparación de mezclas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Procesamiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
FABRICACIÓN DE CAJAS DE PAPEL		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] — Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f] [g] Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ENVASADO DE CARNE																
Limpieza, corte, cocción, molienda		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■
•Matanza		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■
CENTRALES NUCLEARES	Ver también Centrales Generadoras Eléctricas															
• Edificio auxiliar, áreas de acceso no controlado		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1		■
• Áreas de acceso controlado																
• Sala de recuento		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1		■
•Edificio de generador diésel		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1		■
Equipo de seguridad de ingeniería		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
Edificio de manipulación de combustible																
·Debajo del piso de operaciones		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1		■
· Piso de operaciones		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1		■
• Oficina de física sanitaria	Ver 27/ ILUMINACIÓN PARA EL CUIDADO DE LA SALUD															
•Lavandería caliente		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■
•Sala de asistencia médica		U	750	1500	3000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.			3:1		■
•Edificio de gases de escape		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1		■
•Edificio de desechos radiactivos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■
• Edificio del reactor																
Debajo del piso de operaciones		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1		■
· Piso de operaciones		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1		■
• Sala de almacenamiento		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1		■
FABRICACIÓN DE PINTURAS																
•Comparación de mezclas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	■	
•Procesamiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
FABRICACIÓN DE CAJAS DE PAPEL		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
PETRÓLEO, QUÍMICA, PLANTAS PETROQUÍMICAS											
•Edificio											
• Casa de reloj, entrada											
·Puerta de entrada, inspección		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· General		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• Garaje y estación de bomberos											
Almacenamiento y reparaciones menores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Sala de primeros auxilios		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas sin proceso											
Iluminación de obstrucción aeronaves	Referirse a las regulaciones de la FAA										
Casas de bombas de agua de enfriamiento											
· Área de bombas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Área de control general		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Panel de control		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Plantas de calderas y compresores											
· Equipo interior		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Equipo exterior		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Subestación eléctrica											
Patios de distribución al aire libre		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· Subestación general-exterior		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.
Pasillos de operación de la subestación		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Subestación general-interior		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· Bastidores de distribución		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Bastidores de carga											
· Área general		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· Vagón cisterna		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Camiones cisterna, punto de carga		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Carga y descarga											
Iluminación de caminos de planta	Donde la iluminación sea requerida										
· Uso frecuente	Camiones	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· Uso poco frecuente		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Estacionamientos de la planta	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
Instalaciones del muelle para buques cisterna	Consultar a la autoridad que tenga la juridicción										
• Campos de tanques	Donde la iluminación sea requerida										
· Escaleras y escaleras tipo tijera		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
·Área de medición		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· Área de colectores		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Áreas de proceso											
• Unidades de proceso general											
· Salas de compresores		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Torres de enfriamiento	Áreas de equipos	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Hornos		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PETRÓLEO, QUÍMICA, PLANTAS PETROQUÍMICAS																		
•Edificio																		
• Casa de reloj, entrada																		
· Puerta de entrada, inspección		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■
· General		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.			10:1				■
• Garaje y estación de bomberos																		
Almacenamiento y reparaciones menores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1	■			■
• Sala de primeros auxilios		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1	■			■
• Áreas sin proceso																		
Iluminación de obstrucción aeronaves	Referirse a las regulaciones de la FAA																	
Casas de bombas de agua de enfriamiento																		
· Área de bombas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
· Área de control general		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
· Panel de control		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■	
Plantas de calderas y compresores																		
· Equipo interior		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■	
· Equipo exterior		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Subestación eléctrica																		
Patios de distribución al aire libre		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■
· Subestación general-exterior		H	10	20	40	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■
Pasillos de operación de la subestación		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■
· Subestación general-interior		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
· Bastidores de distribución		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Bastidores de carga																		
· Área general		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
· Vagón cisterna		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.			5:1				■
Camiones cisterna, punto de carga		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.			5:1				■
• Carga y descarga																		
Iluminación de caminos de planta	Donde la iluminación sea requerida																	
· Uso frecuente	Camiones	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.			10:1				■
· Uso poco frecuente		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.			10:1				■
• Estacionamientos de la planta	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
Instalaciones del muelle para buques cisterna	Consultar a la autoridad que tenga la jurisdicción																	
• Campos de tanques	Donde la iluminación sea requerida																	
· Escaleras y escaleras tipo tijera		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■
· Área de medición		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1				■
· Área de colectores		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■
• Áreas de proceso																		
• Unidades de proceso general																		
· Salas de compresores		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
· Torres de enfriamiento	Áreas de equipos	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
· Hornos		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
PETRÓLEO, QUÍMICA, PLANTAS PETROQUÍMICAS	(Áreas de proceso/Unidades generales de proceso continuación)										
• Mirillas de nivel		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Área general		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• Intercambiadores de sombreros		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Instrumentos	Sobre las unidades de proceso	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escaleras y escaleras tipo tijera											
• Activo		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Inactivo		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• Plataformas de mantenimiento		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Plataformas de operación		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Filas de bombas, válvulas, colectores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Separadores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Salas y casetas de control											
• Caseta de control central		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Consola		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Parte posterior del panel		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Panel de instrumentos		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Caseta de control ordinaria		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Consola		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Parte posterior del panel		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Panel de instrumentos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Unidades de proceso especiales											
Puntos de transferencia de transportadores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Transportadores		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Sala de celdas electrolíticas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Horno eléctrico		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Extrusoras y mezcladoras		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Hornos	Área de operaciones	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
ENCHAPADO		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
CENTRALES ELÉCTRICAS	Ver Estaciones de Generación Eléctrica										
INDUSTRIA AVÍCOLA	Véase también Granjas/Lácteos										
• Galpones de cría, producción y postura											
• Gráficos y registros		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Alimentación, inspección, limpieza		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Instrumentación	Termómetros, relojescontrol:	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Manipulación, embalaje y envío de huevos											
Inspección de la calidad de los huevos		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Área de almacenamiento de huevos		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Iluminación general		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Plataforma de carga		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PETRÓLEO, QUÍMICA, PLANTAS PETROQUÍMICAS	(Áreas de proceso/Unidades generales de proceso continuación)																	
• Mirillas de nivel		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Área general		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1				■
• Intercambiadores de sombreros		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1				■
• Instrumentos	Sobre las unidades de proceso	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Escaleras y escaleras tipo tijera																		
• Activo		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1	■			■
• Inactivo		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1	■			■
• Plataformas de mantenimiento		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1			■	
• Plataformas de operación		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
Filas de bombas, válvulas, colectores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Separadores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Salas y casetas de control																		
• Caseta de control central		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1				■
• Consola		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	■	
• Parte posterior del panel		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■	
• Panel de instrumentos		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	■	
• Caseta de control ordinaria		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1	■			■
• Consola		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Parte posterior del panel		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■	
• Panel de instrumentos		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Unidades de proceso especiales																		
Puntos de transferencia de transportadores		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Transportadores		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1			■	
• Sala de celdas electrolíticas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
• Horno eléctrico		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Extrusoras y mezcladoras		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■	
• Hornos	Área de operaciones	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
ENCHAPADO		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
CENTRALES ELÉCTRICAS	Ver Estaciones de Generación Eléctrica																	
INDUSTRIA AVÍCOLA	Véase también Granjas/Lácteos																	
• Galpones de cría, producción y postura																		
• Gráficos y registros		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
Alimentación, inspección, limpieza		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1	■		■	
• Instrumentación	Termómetros, relojescontrol.	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
Manipulación, embalaje y envío de huevos																		
Inspección de la calidad de los huevos		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
Área de almacenamiento de huevos		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■
• Iluminación general		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1	■			■
• Plataforma de carga		N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INDUSTRIA AVÍCOLA	(continuación)										
•Procesamiento de huevos											
• Iluminación general		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Planta de procesamiento de aves de corral											
• General	Excluyendo matanza, descarga	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Estación de inspección gubernamental y estaciones de clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Área de descarga y sacrificio		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Almacenamiento de alimentos											
• Gráficos y registros		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Granos, raciones de alimentos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Procesamiento		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Criaderos											
• Estación de doblaje		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
Área general, plataforma de carga		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Interior de incubadoras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sexado		X	2500	5000	10000	Prom.	X	2500	5000	10000	Prom.
Área de almacenamiento de máquinas	Garaje y cobertizo para maquinaria	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
INDUSTRIA DE IMPRESIÓN											
•Fundiciones de tipos											
• Fundición		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Ensamblaje y clasificación de fuentes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Fabricación de matrices, preparación de tipos		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Plantas de impresión											
Inspección y evaluación de color		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Sala de composición		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Piedras de imprenta		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Composición de máquinas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Prensas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Corrección de pruebas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL											
Tiendas y almacenes de mantenimiento											
• Tableros de trabajo		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Medio		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
•Trabajos con máquinas											
• Medio		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Reparación de instrumentos		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Salas eléctricas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Salas de calefacción y ventilación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

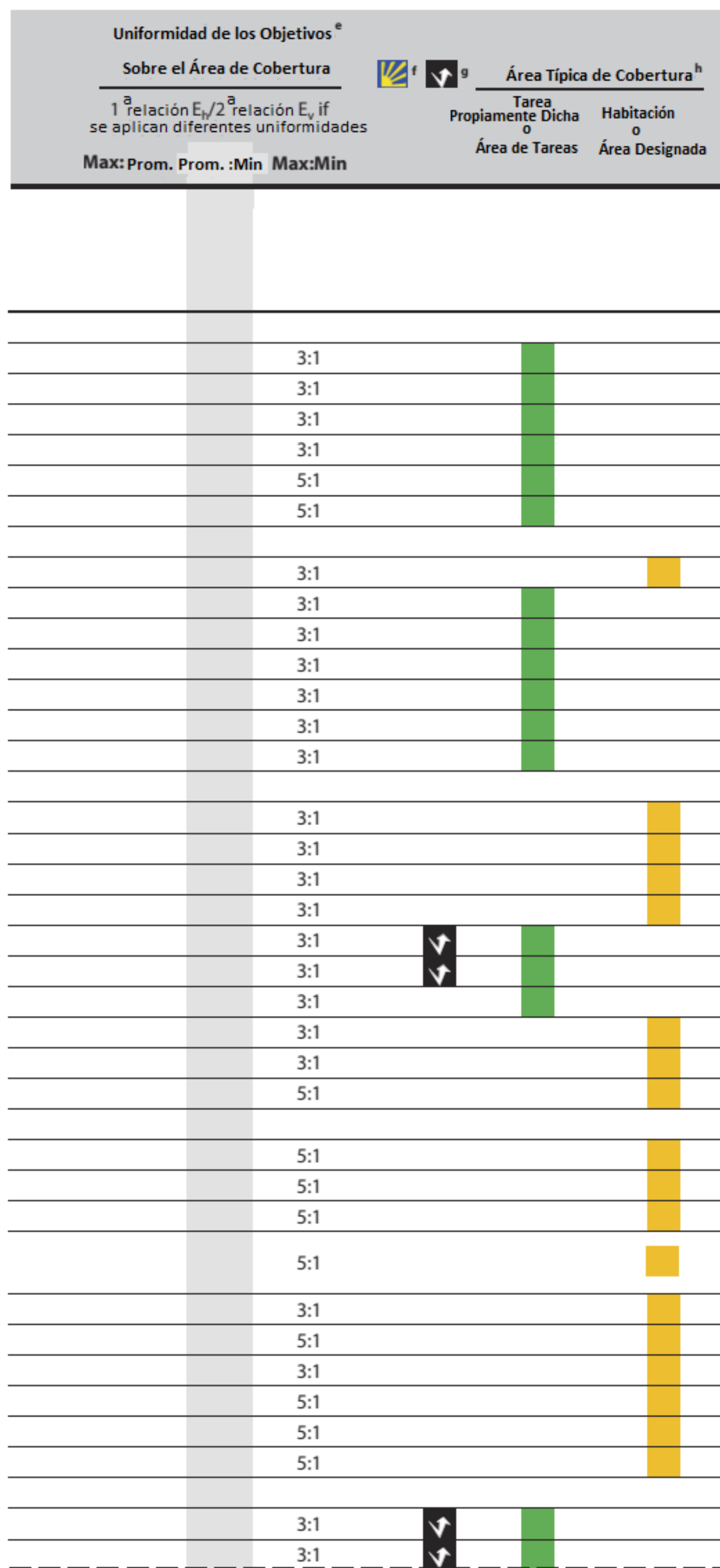
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INDUSTRIA AVÍCOLA	(continuación)																	
• Procesamiento de huevos																		
• Iluminación general		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1				■
• Planta de procesamiento de aves de corral																		
• General	Excluyendo matanza, descarga	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1	■			■
Estación de inspección gubernamental y estaciones de clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
Área de descarga y sacrificio		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Almacenamiento de alimentos																		
• Gráficos y registros		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Granos, raciones de alimentos		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Procesamiento		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Criaderos																		
• Estación de doblaje		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				■
Área general, plataforma de carga		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Interior de incubadoras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Sexado		X	2500	5000	10000	Prom.	X	2500	5000	10000	Prom.			3:1			■	
Área de almacenamiento de máquinas	Garaje y cobertizo para maquinaria	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1				■
INDUSTRIA DE IMPRESIÓN																		
• Fundiciones de tipos																		
• Fundición		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
Ensamblaje y clasificación de fuentes		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■		■
Fabricación de matrices, preparación de tipos		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
• Plantas de impresión																		
Inspección y evaluación de color		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		□	■	
• Sala de composición		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1				■
• Piedras de imprenta		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				■
• Composición de máquinas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1				■
• Prensas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1				■
• Corrección de pruebas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		■	■	
INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL																		
Tiendas y almacenes de mantenimiento																		
• Tableros de trabajo		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				
· Medio		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	■	
· Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
• Trabajos con máquinas																		
· Medio		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	■	
· Fino		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	■	
• Reparación de instrumentos		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	■	
• Salas eléctricas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
Salas de calefacción y ventilación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL	(continuación)										
• Fábrica de papel	Acabado, inspección, envío.										
• Barnizadora y supercalandra		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Almacenamiento de rollos terminados		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Corte y clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Recorte		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Cobertizo de envío por ferrocarril		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Cobertizo de envío por camiones		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Sala de máquinas de la fábrica de papel											
Sótano de la sala de máquinas de papel		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Caja de entrada, rebanadora,alambre y prensa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Pasillo de trabajo		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Secador de rollos		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Calandra, bobinadora, carrete		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Rebobinadora		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Entrepisos		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fábrica de papel - preparación											
Sala de trituración de la fábrica de madera molida		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Sala de batidoras		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Lavadoras de pasta marrón		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Blanqueo de papel kraft SW y HW		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Sótano		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Piso de operaciones		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Horno de cal		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Planta de color		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Pisos de operaciones de digestores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Pisos inactivos de digestores		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Planta de energía - interior	Caldera de potencia y caldera de recuperación										
• Equipo de aire acondicionado		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Piso de precalentador de y ventilador		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Lavado de cenizas		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Auxiliares	Bombas, tanques, compresores, áreas de medición.	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de baterías		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Plataformas de calderas		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Plataformas de quemadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sala de cables		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Sistemas de manipulación de carbón		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Pulverizador de carbón		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de control:											
· Tableros de control principal		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Paneles de control auxiliares		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)



Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f / g	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL	(continuación)																
• Fábrica de papel	Acabado, inspección, envío.																
• Barnizadora y supercalandra		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	
Almacenamiento de rollos terminados		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1		■	
• Corte y clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	
• Recorte		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	
Cobertizo de envío por ferrocarril		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		■	
Cobertizo de envío por camiones		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1		■	
Sala de máquinas de la fábrica de papel																	
Sótano de la sala de máquinas de papel		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■
Caja de entrada, rebanadora,alambre y prensa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	
• Pasillo de trabajo		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1		■	
• Secador de rollos		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1		■	
• Calandra, bobinadora, carrete		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	
• Rebobinadora		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1		■	
• Entrepisos		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1		■	
• Fábrica de papel - preparación																	
Sala de trituración de la fábrica de madera molida		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1			■
• Sala de batidoras		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■
• Lavadoras de pasta marrón		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■
Blanqueo de papel kraft SW y HW		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■
· Sótano		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	■	
· Piso de operaciones		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1	■	■	
• Horno de cal		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
• Planta de color		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■
Pisos de operaciones de digestores		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■
• Pisos inactivos de digestores		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■
• Planta de energía - interior	Caldera de potencia y caldera de recuperación																
• Equipo de aire acondicionado		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
Piso de precalentador de y ventilador		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Lavado de cenizas		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Auxiliares	Bombas, tanques, compresores, áreas de medición.	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■
• Salas de baterías		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■
• Plataformas de calderas		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■
• Plataformas de quemadores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■
• Sala de cables		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
Sistemas de manipulación de carbón		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■
• Pulverizador de carbón		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■
• Salas de control:																	
· Tableros de control principal		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1	■	■	
· Paneles de control auxiliares		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1	■	■	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL	(Central eléctrica/sala de control, continuación)										
• Puesto de operador		T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Áreas de mantenimiento y cableado		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Iluminación de emergencia para operaciones		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Lectura de medidores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Pisos	Condensadores, desaireadores, evaporadores, calentadores	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Área de colectores de hidrógeno y CO2		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Precipitadores		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sala de pantallas		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Plataforma de sopladores de hollín		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cabezales y trotones de vapor		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Tablero de distribución, centros de control de motores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Salas de equipos de telecomunicaciones		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Túneles o galerías	Tuberías y electricidad	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Edificio de turbinas:											
• Piso de operaciones		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Debajo del piso de operaciones		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Galería de visitantes		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Área de tratamiento de agua		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Caminos											
• Transportadores		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Descarga de troncos		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pila de troncos activa		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pila de troncos almacenada		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Estacionamientos	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
CANTERAS											
• LZ4i		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-
PATIOS DE FERROCARRIL	Outdoor										
• Carrocería		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Contenedores sobre vagones planos		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Torre de control y área de retardador	Iluminancia vertical						M	50	100	200	Prom.
• Cabecera		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Área de joroba	Iluminancia vertical						O	100	200	400	Prom.
• Patio de despacho o reenvío		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		10:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		10:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		-				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL	(Central eléctrica/sala de control, continuación)																	
• Puesto de operador		T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
Áreas de mantenimiento y cableado		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			■	
Iluminación de emergencia para operaciones		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1			■	
• Lectura de medidores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
• Pisos	Condensadores, desaireadores, evaporadores, calentadores	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.			5:1				■
• Área de colectores de hidrógeno y CO2		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				■
• Precipitadores		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1				■
• Sala de pantallas		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				■
Plataforma de sopladores de hollín		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.			5:1				■
• Cabezales y trotones de vapor		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1				■
• Tablero de distribución, centros de control de motores		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
Salas de equipos de telecomunicaciones		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				■
• Túneles o galerías	Tuberías y electricidad	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1				■
• Edificio de turbinas:																		
• Piso de operaciones		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1				■
• Debajo del piso deoperaciones		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1				■
• Galería de visitantes		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1	■			■
• Área de tratamiento de agua		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Caminos																		
• Transportadores		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				■
• Descarga de troncos		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
• Pila de troncos activa		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1				■
• Pila de troncos almacenada		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				■
• Estacionamientos	Ver 26/ ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
CANTERAS																		
• LZ4i		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.							■
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.							■
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.							■
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.							■
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0	-	-	0	0	0	-			-				
PATIOS DE FERROCARRIL	Outdoor																	
• Carrocería		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1				■
• Contenedores sobre vagones planos		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			10:1				■
• Torre de control y área de retardador	Iluminancia vertical						M	50	100	200	Prom.			5:1				■
• Cabecera		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Área de joroba	Iluminancia vertical						O	100	200	400	Prom.			5:1				■
• Patio de despacho o reenvío		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1				■

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
PATIOS DE FERROCARRIL	(continuación)										
• Patio de maniobras plano											
• Lateral de vagones (vertical)							K	25	50	100	Prom.
• Puntos de cambio de agujas		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Patio de clasificación de jorobas y vagones											
• Área de jorobas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Extremo de salida		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Patios de clasificación de retardadores											
• Patio de recepción											
• Puntos de cambio de agujas		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Carrocería del patio		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Remolque sobre vagones planos											
Superficie horizontal del vagón plano		K	25	50	100	Prom.					
• Puntos de sujeción	Iluminancia vertical						K	25	50	100	Prom.
ARTÍCULOS DE CAUCHO - MECÁNICOS											
• Productos extruidos		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Preparación de telas, corte de material		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Telares de mangueras		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Inspección		V	1000	2000	4000	Prom.	V	1000	2000	4000	Prom.
Productos moldeados y curado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Preparación de material											
Plastificado, fresado, · Banbury		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Calandrado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS DE CAUCHO											
• Banbury		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Fabricación de talones		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Calandrado											
• General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Soltado y enrollado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Material en proceso											
• En neumáticos		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Curado											
• En moldes		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Inspección											
• General		T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Almacenamiento		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Corte de material											
• Cortadoras y empalmadoras		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		10:1				
		5:1				
		10:1				
		10:1				
		10:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

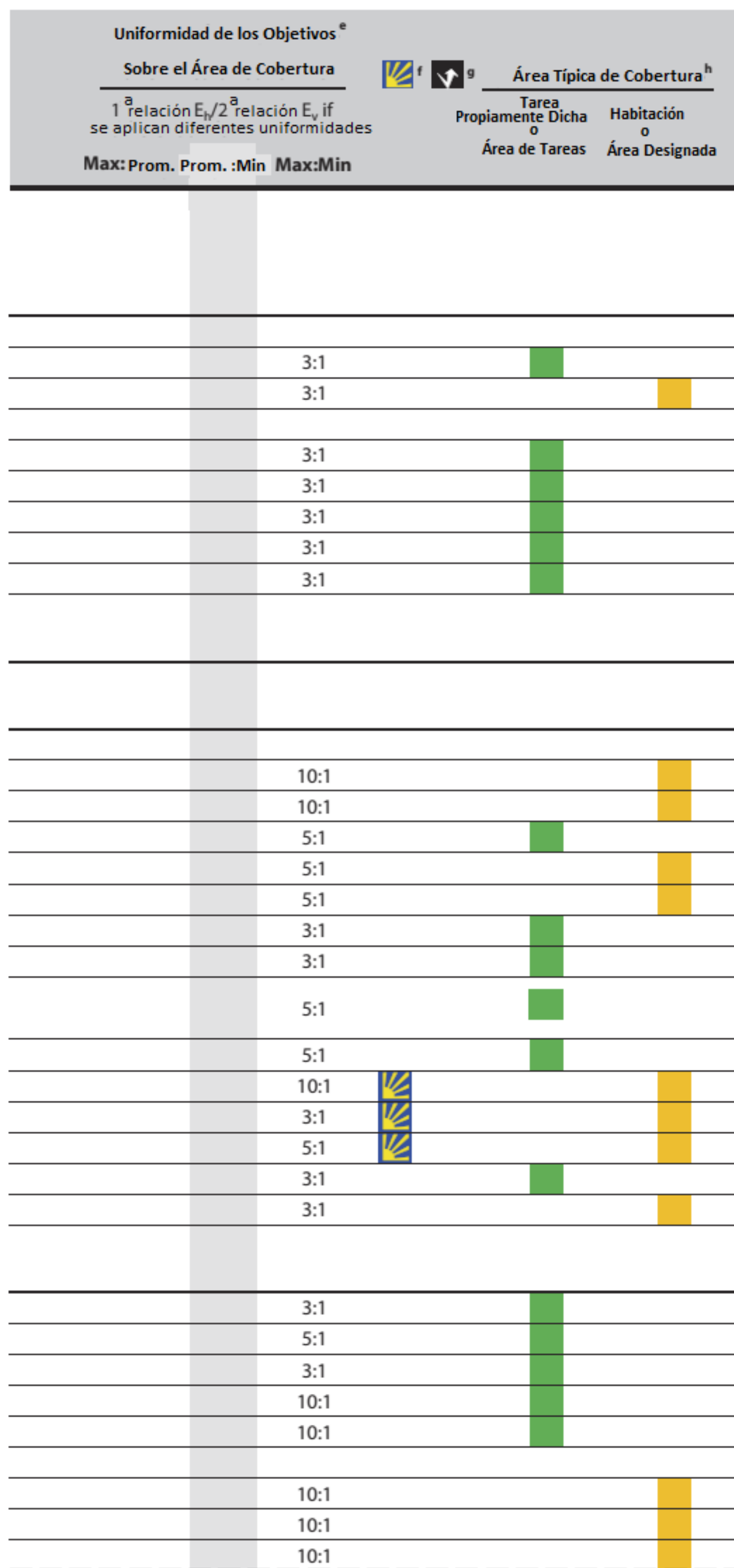
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PATIOS DE FERROCARRIL	(continuación)																	
• Patio de maniobras plano																		
• Lateral de vagones (vertical)							K	25	50	100	Prom.			5:1			■	
• Puntos de cambio de agujas		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1			■	
• Patio de clasificación de jorobas y vagones																		■
• Área de jorobas		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1				■
• Extremo de salida		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				■
• Patios de clasificación de retardadores																		
• Patio de recepción																		
• Puntos de cambio de agujas		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				■
• Carrocería del patio		F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.			10:1			■	
• Remolque sobre vagones planos																		
Superficie horizontal del vagón plano		K	25	50	100	Prom.								5:1				■
• Puntos de sujeción	Iluminancia vertical						K	25	50	100	Prom.			5:1				■
ARTÍCULOS DE CAUCHO - MECÁNICOS																		
• Productos extruidos		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Preparación de telas, corte de material		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Telares de mangueras		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Inspección		V	1000	2000	4000	Prom.	V	1000	2000	4000	Prom.			3:1		■	■	
Productos moldeados y curado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Preparación de material																		
Plastificado, fresado, Banbury		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Calandrado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS DE CAUCHO																		
• Banbury		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Fabricación de talones		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1				■
• Calandrado																		
• General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
• Soltado y enrollado		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.			3:1			■	
• Material en proceso																		
• En neumáticos		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
• Curado																		
• En moldes		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
• Inspección																		
• General		T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	■	
• Almacenamiento		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			■	
• Corte de material																		
• Cortadoras y empalmadoras		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			■	
• General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS DE CAUCHO	(continuación)										
•Fabricación de neumáticos											
• En máquinas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• General		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
•Stock de bandas de rodadura											
• Reserva e inspección		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Control de pesaje		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Extrusora		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• General		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Medición de ancho		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
SEGURIDAD	Ver 25/ ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIA,SEGURIDAD Y VIGILANCIA										
ASERRADEROS											
•Áreas de sótano											
• Activo		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• Inactivo		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• Alimentadora de astilladora		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Cobertizo de bobinado de horno seco		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Almacén de madera seca	Cepilladora	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
Clasificación de madera terminada		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Sierra de cabezal	Vista del área de corte de la sierra	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Alimentación de corte de sierra de cabezal	Rebordeadora, reaserradoras, canteadoras, recortadoras, sierras de hula,cepilladoras	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Entradas de máquina		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Piso principal del aserradero	Iluminación ambiental	I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.
Clasificación de madera en bruto		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Plataforma de troncos secundaria		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Mesas de clasificación		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Sala de archivo	Áreas de trabajo	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ASERRADEROS AL AIRE LIBRE	Ver también Explotación Florestal										
•Alimentación de descortezadoras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sierra de corte		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Cadena verde		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Transporte de troncos		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Elevador de troncos	Elevador lateral	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
Área de manipulación de madera											
• LZ4[i]		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ3[i] (y LZ4 con toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ2[i] (y LZ3 con toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)



Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1			■	
		3:1				■
		3:1			■	
		3:1			■	
		3:1			■	
		3:1			■	
		3:1			■	
		10:1				■
		10:1				■
		5:1			■	
		5:1				■
		5:1				■
		3:1			■	
		3:1			■	
		5:1			■	
		5:1			■	
		10:1	■			■
		3:1	■			■
		5:1	■			■
		3:1			■	
		3:1				■
		3:1			■	
		5:1			■	
		3:1			■	
		10:1			■	
		10:1			■	
		10:1				■
		10:1				■
		10:1				■

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS DE CAUCHO	(continuación)																	
•Fabricación de neumáticos																		
• En máquinas		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			✓	
• General		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1				✓
•Stock de bandas de rodadura																		
• Reserva e inspección		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			✓	
• Control de pesaje		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			✓	
• Extrusora		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			✓	
• General		R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.			3:1			✓	
• Medición de ancho		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			3:1			✓	
SEGURIDAD	Ver 25/ ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIA,SEGURIDAD Y VIGILANCIA																	
ASERRADEROS																		
•Áreas de sótano																		
• Activo		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.			10:1				✓
• Inactivo		I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.			10:1				✓
• Alimentadora de astilladora		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1			✓	
Cobertizo de bobinado de horno seco		L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.			5:1				✓
• Almacén de madera seca	Cepilladora	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.			5:1				✓
Clasificación de madera terminada		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			✓	
• Sierra de cabezal	Vista del área de corte de la sierra	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			✓	
Alimentación de corte de sierra de cabezal	Rebordeadora, reaserradoras, canteadoras, recortadoras, sierras de hula,cepilladoras	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1			✓	
• Entradas de máquina		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1			✓	
• Piso principal del aserradero	Iluminación ambiental	I	15	30	60	Prom.	E	4	8	16	Prom.			10:1	✓			✓
Clasificación de madera en bruto		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	✓			✓
• Plataforma de troncos secundaria		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1	✓			✓
• Mesas de clasificación		P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			3:1			✓	
• Sala de archivo	Áreas de trabajo	S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1				✓
ASERRADEROS AL AIRE LIBRE	Ver también Explotación Florestal																	
• Alimentación de descortezadoras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			✓	
• Sierra de corte		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			✓	
• Cadena verde		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			✓	
• Transporte de troncos		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1			✓	
• Elevador de troncos	Elevador lateral	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1			✓	
Área de manipulación de madera																		
• LZ4 [i]		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				✓
• LZ3 [i] (y LZ4 con toque de queda)		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.			10:1				✓
• LZ2 [i] (y LZ3 con toque de queda)		G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			10:1				✓

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ASERRADEROS AL AIRE LIBRE	(continuación)										
• Áreas de carga de madera											
• LZ4[i]		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		J	20	40	20	Prom.	J	20	40	20	Prom.
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Flejado de madera		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Plataforma de troncos primarios		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Áreas de almacenamiento de astillas de madera		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.
PRODUCTOS COSIDOS											
Inspección y enganche de ropa		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Diseño computarizado	Fabricación y clasificación de patrones, digitalización, fabricación de marcadores y trazado	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Diseño	Elaboración y clasificación de patrones, fabricación de marcadores	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
Almacenamiento y embalaje de productos terminados		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Ajuste		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Fabricación de sombreros	Ver FABRICACIÓN DE SOMBREROS										
• Inspección en proceso y final		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Tejido de punto		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Trabajos de cuero	Ver TRABAJOS EN CUERO										
• Talleres de reparación de máquinas		W	1500	3000	6000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Medición		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Apertura, almacenamiento de materias primas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Prensado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Recepción, embalaje, envío		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Costura		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Sombreado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Fabricación de calzado	Ver FABRICACIÓN DE ZAPATOS										
• Clasificación y descascarillado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
Esponjado, descascarillado, rebobinado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Extendido y corte	Incluye corte computarizado	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Marcado de puntadas		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Preparación de cortes, ribetes, lonas y almohadillas.		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		5:1				
		10:1				
		3:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación $E_h/2$ [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ASERRADEROS AL AIRE LIBRE	(continuación)																	
• Áreas de carga de madera																		X
• LZ4[i]		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			X	
• LZ3[i] (y LZ4 toque de queda)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.			5:1			X	
• LZ2[i] (y LZ3 toque de queda)		J	20	40	20	Prom.	J	20	40	20	Prom.			5:1			X	
• LZ1[i] (y LZ2 toque de queda)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.			5:1			X	
• Flejado de madera		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.			5:1			X	
• Plataforma de troncos primarios		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1				X
Áreas de almacenamiento de astillas de madera		D	3	6	12	Prom.	D	3	6	12	Prom.			10:1				X
PRODUCTOS COSIDOS																		
Inspección y enganche de ropa		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1				
• Diseño computarizado	Fabricación y clasificación de patrones, digitalización, fabricación de marcadores y trazado	L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.			5:1			X	
• Diseño	Elaboración y clasificación de patrones, fabricación de marcadores	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			X	
Almacenamiento y embalaje de productos terminados		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			X	
• Ajuste		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			X	
• Fabricación de sombreros	Ver FABRICACIÓN DE SOMBREROS																	
• Inspección en proceso y final		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			X	
• Tejido de punto		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			X	
• Trabajos de cuero	Ver TRABAJOS EN CUERO																	
• Talleres de reparación de máquinas		W	1500	3000	6000	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	X			X
• Medición		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			X	
Apertura, almacenamiento de materias primas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	X			X
• Prensado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			X	
• Recepción, embalaje, envío		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	X			X
• Costura		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			X	
• Sombreado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			X	
• Fabricación de calzado	Ver FABRICACIÓN DE ZAPATOS																	
• Clasificación y descascarillado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			X	
Esponjado, descascarillado, rebobinado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			X	
• Extendido y corte	Incluye corte computarizado	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			X	
• Marcado de puntadas		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			X	
• Preparación de cortes, ribetes, lonas y almohadillas.		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			X	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TRABAJOS DE CHAPA METÁLICA											
•Trabajos de banco medianos		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Máquinas diversas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Trabajos de banco ordinarios		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Prensas, cizallas, troqueles, hilado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Perforadoras		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Trazado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
Inspección de hojalata, galvanizado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
ASTILLEROS											
• Área de fabricación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• General		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
•Vías		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
FABRICACIÓN DE CALZADO - CUERO											
•Botonado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Pulido, abrillantado, gofrado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
• Limpieza, pulverización		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Conteo		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Corte y cosido											
• Mesas de corte		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Fabricación y acabado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Marcado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Clavadoras, colocadoras de suelas, recortadoras, aplanadoras, ajustadoras de bordes		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Desbaste		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
•Clasificación		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Cosido de materiales oscuros		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
• Remendado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.
FABRICACIÓN DE CALZADO - CAUCHO											
•Forro		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Proceso de fabricación y acabado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Laminado de suelas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Corte de suelas y plastificado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Barnizado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Vulcanizado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Lavado, recubrimiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		5:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TRABAJOS DE CHAPA METÁLICA																		
•Trabajos de banco medianos		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1		(icono)	■	
•Máquinas diversas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Trabajos de banco ordinarios		S	375	750	1500	Prom.	O	100	200	400	Prom.			3:1			■	
Prensas, cizallas, troqueles, hilado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Perforadoras		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Trazado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		(icono)	■	
Inspección de hojalata, galvanizado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
ASTILLEROS																		
•Área de fabricación		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1				■
•General		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1				■
•Vías		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.			5:1			■	
FABRICACIÓN DE CALZADO - CUERO																		
•Botonado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
•Pulido, abrillantado, gofrado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
•Limpieza, pulverización		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
•Conteo		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
•Corte y cosido																		
• Mesas de corte		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
• Fabricación y acabado		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
•Marcado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
•Clavadoras, colocadoras de suelas, recortadoras, aplanadoras, ajustadoras de bordes		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1			■	
•Desbaste		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
•Clasificación		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
• Cosido de materiales oscuros		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
• Remendado		W	1500	3000	6000	Prom.	W	1500	3000	6000	Prom.			3:1			■	
FABRICACIÓN DE CALZADO - CAUCHO																		
•Forro		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
Proceso de fabricación y acabado		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
•Laminado de suelas		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■	
• Corte de suelas y plastificado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Barnizado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Vulcanizado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	
•Lavado, recubrimiento		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FABRICACIÓN DE JABÓN											
•Corte		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Llenado y empaquetado de jabón en polvo		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Casas de calderas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Virutas y polvo de jabón		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Estampado, envoltura y empaquetado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
ACERO	Ver Hierro y Acero										
FABRICACIÓN DE BATERÍAS ALMACENAMIENTO		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
PATIOS DE ALMACENAMIENTO											
•Activo		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
•Inactivo		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.
FABRICACIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
REFINACIÓN DE AZÚCAR											
•Inspección de color		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
•Clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
PRUEBAS											
•General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Pruebas de precisión	Instrumentos muy precisos, básculas	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
FÁBRICAS TEXTILES											
•Acabado											
•Teñido de telas	Estampado	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Preparación de tejidos	Desencolado, descrudado, blanqueo, chamuscado y mercerización	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
•Preparación de fibras cortas											
•Clasificación y calibrado	Lana y algodón	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Tintado y teñido de fibras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		5:1				
		10:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f] [g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FABRICACIÓN DE JABÓN																	
•Corte		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
•Llenado y empaquetado de jabón en polvo		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
•Casas de calderas		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1			■
•Virutas y polvo de jabón		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
Estampado, envoltura y empaquetado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
ACERO	Ver Hierro y Acero																
FABRICACIÓN DE BATERÍAS ALMACENAMIENTO		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
PATIOS DE ALMACENAMIENTO																	
•Activo		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.			5:1			■
•Inactivo		F	5	10	20	Prom.	B	1	2	4	Prom.			10:1			■
FABRICACIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1			■
REFINACIÓN DE AZÚCAR																	
•Inspección de color		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		■	
•Clasificación		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	
PRUEBAS																	
•General		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
•Pruebas de precisión	Instrumentos muy precisos, básculas	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1		■	
FÁBRICAS TEXTILES																	
•Acabado																	
• Teñido de telas	Estampado	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
• Preparación de tejidos	Desencolado, descrudado, blanqueo, chamuscado y mercerización	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	
• Preparación de fibras cortas																	
• Clasificación y calibrado	Lana y algodón	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1		■	
• Tintado y teñido de fibras		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1		■	

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial (continuación en la página siguiente)

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FÁBRICAS TEXTILES	(Continuación)										
•Fabricación de hilados											
• Cardado	Formación de bandas no tejidas	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Peinado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Estirado	Agitación, estirado con pasadores	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Apertura y deshilachado	Alimentación por canaletas	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Mechado	Troquelado, llama de mosca	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Hilado	Hilado de tapas, torsión, texturizado	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
•Preparación de hilados		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Enrollado o remetido de urdimbre	Automático	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
• Urdido	Enrollado, dimensionado	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
Bobinado, encordado, retorcido		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
PRODUCTOS DEL TABACO											
•Secado, deshilachado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificación y selección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
TAPICERÍA		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				
		3:1				

Notas para la Tabla 30.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 30.3 Criterios de Iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 30.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 30.3.1 Aplicaciones y Tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4/ Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a la aplicación durante las horas de funcionamiento oscuras donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz Recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

Tabla 30.2 | Recomendaciones de Iluminancia Industrial continuación de la página anterior

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f] [g] Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FÁBRICAS TEXTILES	(Continuación)															
•Fabricación de hilados																
• Cardado	Formación de bandas no tejidas	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
• Peinado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
• Estirado	Agitación, estirado con pasadores	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
• Apertura y deshilachado	Alimentación por canaletas	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
• Mechado	Troquelado, llama de mosca	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
• Hilado	Hilado de tapas, torsión, texturizado	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
•Preparación de hilados		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
Enrollado o remetido de urdimbre	Automático	S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
• Urdido	Enrollado, dimensionado	U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	■	
Bobinado, encordado, retorcido		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.			3:1	■	
PRODUCTOS DEL TABACO																
•Secado, deshilachado		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.			3:1	■	
• Clasificación y selección		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	■	
TAPICERÍA		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.			3:1	■	

En las instalaciones de procesamiento y distribución de alimentos comerciales se suelen encontrar temperaturas ambiente anormalmente bajas. Las temperaturas se convierten en un problema si son inferiores a 10 °C (50 °F) para lámparas fluorescentes y -29 °C (-20 °F) para lámparas HID. Los sistemas fluorescentes generalmente requieren un balasto para el arranque a baja temperatura si la temperatura ambiente es inferior a 10 °C (50 °F) para lámparas estándar y -18 °C (0 °F) para lámparas de 800 ma y 1500 ma. A temperaturas inferiores a 20 °C (68 °F), las lámparas fluorescentes se estabilizan en vatios nominales pero a menos de los lúmenes nominales. Encerrar la pared de la bombilla, ya sea con una funda de plástico o un área óptica cerrada, mejorará la salida de lúmenes. Dependiendo del tipo de carcasa y las condiciones ambientales, la lámpara o las lámparas pueden calentar la carcasa a la temperatura de funcionamiento normal para producir lúmenes de lámpara nominales.

La mayoría de los balastos HID con encendido por encendedor están diseñados para encender una lámpara (haluro metálico o sodio de alta presión con encendido por pulsos) a temperaturas de hasta -40 °C (-40 °F). Las temperaturas inferiores a estas requieren fuentes incandescentes auxiliares, que calientan el interior de la luminaria hasta que se enciende la lámpara HID. Por lo general, están acopladas a un relé, que apaga la fuente incandescente cuando se enciende la lámpara HID.

30.2.3 ÁREAS CLASIFICADAS

Las áreas clasificadas son aquellas en las que hay o pueden haber gases o vapores inflamables o polvo combustible o partículas o fibras fácilmente inflamables. Estas se definen en el Código Eléctrico Nacional (NEC) de los Estados Unidos en términos de Clases (gas, polvo) y Divisiones, que definen las condiciones y la manera en que está presente el material. La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) define la naturaleza peligrosa del espacio y los requisitos para las luminarias adecuadas para su aplicación en áreas clasificadas. El diseñador debe consultar con la compañía aseguradora del sitio industrial para determinar la Clase y División exactas para áreas individuales. Se deben utilizar luminarias que hayan sido sometidas a pruebas especiales y posteriormente clasificadas para su uso en estas áreas especiales. Estas implican juntas especiales, superficies exteriores, temperaturas máximas de funcionamiento limitadas y potencia de lámpara.

30.2.4 SALAS BLANCAS

La iluminación de salas blancas utiliza luminarias completamente diferentes a las de otros entornos industriales. Las salas blancas son entornos sellados y controlados diseñados para eliminar partículas microscópicas de un tamaño específico. La partícula puede ser suciedad, que a un tamaño determinado (normalmente medido en micrones) provoca problemas de calidad del producto fabricado, como un chip de silicio. La partícula también puede ser un organismo, como un microbio que debe eliminarse de una sala de operaciones. El Instituto de Ciencias Ambientales (IES) clasifica las salas blancas genéricas mediante una serie de clasificaciones basadas en la cantidad de partículas en micrones que se encuentran en un pie cúbico de aire dentro de la sala. Las categorías comienzan en 100.000 partes por pie cúbico y se vuelven más limpias por factores de diez. Esta organización define las salas blancas de clase 10.000, clase 1.000, clase 100 y clase 10. Muy a menudo, las salas blancas de clase 100 se encuentran dentro de las salas blancas de clase 1.000. Consulte la Figura 30.2. La estructura de la sala blanca suele incluir cielorrasos de rejilla en T de un tipo que no se encuentra fuera de esta aplicación. La rejilla en T tiene una sección transversal más grande, como 1” o 2” de ancho y siempre está sellada de alguna manera. Muchos de estos cielorrasos están hechos para caminar sobre ellos, de modo que las luminarias y los filtros de aire de partículas de alta eficiencia (HEPA) se puedan reparar desde arriba. Hay cuatro tipos principales de luminarias que se utilizan en las salas blancas:

1. Fluorescente empotrada con juntas (troffer)

2. Fluorescente de superficie en forma de lágrima Fluorescente de flujo continuo

3. Fluorescente empotrada T5 empotrada

4. Fluorescente integrada en la rejilla en T



FIGURA 30.2 | SALAS BLANCAS

En las salas blancas suelen ser necesarias luminarias especiales. Los requisitos de suministro de energía y montaje pueden ser únicos. Pueden ser necesarios sellos especiales para lograr clasificaciones IP específicas. Dependiendo de los procesos de producción involucrados, se utiliza filtrado espectral para eliminar la interferencia de la radiación óptica.

» Imagen ©Chris Close/The Image Bank/Getty

Las luminarias fluorescentes empotradas con juntas se utilizan normalmente en los espacios de clase 100.000 y clase 10.000, y los otros tres tipos se utilizan a medida que más y más espacios de la rejilla están ocupados por filtros y no pueden ocuparse con luminarias. En la mayoría de estos estilos de construcción, las cuestiones importantes son que las juntas sellen la habitación del ambiente exterior y que las superficies exteriores sean lisas y fáciles de limpiar. Las lentes prismáticas, por ejemplo, normalmente se instalan con los prismas hacia arriba para presentar una superficie lisa al espacio.

30.2.5 COMPONENTES SUBCONJUNTO Y ENSAMBLAJE FINAL

Esta fase de fabricación tiene requisitos especiales que no se encuentran habitualmente en otras operaciones industriales. Los requisitos industriales modernos han hecho necesaria la construcción de edificios con áreas de bahías libres, que pueden superar los 26.000 m^2 (300.000 ft^2) y alturas de cerchas de más de 24 m (80 ft) desde el nivel del suelo. Los problemas de iluminación en edificios de este tamaño no se limitan a los conceptos de ingeniería y diseño, sino que incluyen la tarea de mantenimiento y reemplazo de lámparas. El uso de un sistema de pasarelas o grúas puente móviles puede ser apropiado para permitir el acceso a las unidades de iluminación. En algunos casos, se pueden utilizar grúas telescópicas móviles para alcanzar las luminarias desde el suelo, pero las alturas involucradas y las obstrucciones en el suelo pueden hacer que este método de mantenimiento sea poco práctico. Cuando se puede acceder desde el suelo, desconectar los colgadores y bajar las cadenas puede ser un método eficaz para mantener las luminarias en áreas de gran altura.

Un problema especial en la iluminación de ciertas tareas de ensamblaje es que la iluminación generalmente se diseña para niveles de tareas específicos con la suposición de que las áreas estarán completamente abiertas, mientras que en realidad eso rara vez es así. La iluminación de los sistemas elevados a menudo se reduce por la presencia de grandes ensamblajes o equipos de producción grandes. Es necesario conocer el tamaño y la ubicación de tales obstrucciones para que los cálculos de diseño predigan con precisión cómo funcionará un sistema de iluminación propuesto. Véase 10 | CÁLCULO DE LA LUZ Y SUS EFECTOS.

Los tipos típicos de ensamblajes que se encuentran en estas instalaciones son los subconjuntos de aeronaves y automóviles y la instalación de subsistemas en estos ensamblajes para los que a menudo se requiere iluminación complementaria.

El ensamblaje de grandes secciones de aeronaves, por ejemplo, puede presentar problemas de iluminación especiales. La iluminación exterior para unir estas secciones requiere iluminancia tanto horizontal como vertical, así como iluminación instalada de tal manera que ilumine la parte inferior del cuerpo y las alas. El uso de reflectores puede proporcionar ambos componentes de luz en la carrocería exterior y también proporcionar luz a las partes inferiores de la carrocería y las alas. Se requieren luminarias especialmente montadas o iluminación portátil para iluminar áreas como los bolsillos del tren de aterrizaje. Los acabados de piso de alta reflectancia ayudarán a iluminar la parte inferior de los conjuntos, pero generalmente aún se requiere iluminación complementaria.

Cuadro **30.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

30.2.6 SALAS DE CONTROL

La sala de control es el centro neurálgico de instalaciones como plantas generadoras de electricidad, instalaciones de despacho eléctrico, plantas generadoras de vapor o agua caliente y plantas químicas, y debe ser monitoreada continuamente. La iluminación debe diseñarse con especial atención a la comodidad del operador; el deslumbramiento directo y reflejado y los reflejos de velo deben minimizarse, y las relaciones de luminancia deben ser bajas. Junto con las

tareas visuales ordinarias de tipo oficina, el operador tiene que leer calibres, medidores y otros dispositivos de monitoreo, a menudo a distancias de 3-4,5 m (10-15 pies) de distancia. El deslumbramiento reflejado y los reflejos de velo deben eliminarse de estos dispositivos indicadores, incluidos aquellos con caras de vidrio curvas.

Si bien la práctica no está estandarizada, la mayoría de la iluminación de la sala de control involucra una de dos categorías generales: iluminación difusa o iluminación direccional. La iluminación difusa puede provenir de equipos de iluminación indirecta de baja luminancia, cielorrasos de plástico luminosos sólidos o persianas con rejillas de ventilación.

La iluminación direccional puede proceder de luminarias empotradas que siguen el contorno general del tablero de control (estas luminarias deben estar ubicadas con precisión para mantener la luz reflejada fuera de la zona de deslumbramiento). La iluminación del resto de la sala puede proceder de cualquier tipo de equipo de iluminación general de baja luminancia.

A medida que las pantallas de datos de la sala de control son cada vez más digitales, los problemas relacionados con la iluminación y los VDT son más evidentes. A muchos operadores les gusta tener fondos negros u oscuros en sus VDT para aumentar el contraste entre los datos derivados de píxeles y su fondo. En este caso, los problemas de reflejo de velo aumentan con respecto a aquellos con medidores de panel de fondo claro. En estas condiciones, las paredes con superficies claras detrás del operador, las paredes y la iluminación fuera de las mamparas de vidrio, los pisos e incluso la luz que se refleja en la ropa del operador y las superficies de la mesa junto al operador pueden aparecer como un reflejo de velo en el VDT.

A menudo, la orientación y el ángulo de inclinación del VDT no se pueden ajustar fácilmente para reducir los reflejos de pantalla objetables. En estos casos, el control de las fuentes de luz directa y reflejada en relación con las pantallas y los operadores es aún más crítico.



FIGURA 30.3 | INSPECCIÓN CON ILUMINACIÓN GENERAL

Muchas tareas de inspección implican la visualización de elementos en movimiento, el reconocimiento de defectos y la eliminación de los elementos. Los elementos en movimiento se rastrean visualmente moviendo el cabezal. La iluminación general, como la proporcionada por las luminarias Low-Bay utilizadas aquí, suele ser suficiente.

» Imagen ©Jim Richardson/CORBIS

30.2.7 ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN

Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

30.2.8 PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS

Las áreas de procesamiento de alimentos y medicamentos generalmente tienen requisitos adicionales para la construcción y los materiales utilizados en la luminaria. Los requisitos están documentados por entidades reguladoras de la sanidad, como la Fundación Nacional Sanitaria (NSF) o el Departamento de Agricultura de los EE. UU. (USDA), y pueden clasificar diferentes secciones del área de procesamiento de alimentos por la proximidad de la luminaria a los alimentos. Algunas clasificaciones requieren superficies exteriores lisas para eliminar áreas de acumulación de partículas o crecimiento bacteriano. Una constante es que el vidrio no puede quedar expuesto. Esto significa que las luminarias de lámpara abierta y encerradas en vidrio no son adecuadas. En muchas áreas de procesamiento de alimentos, se requiere un lavado a presión programado y, por lo tanto, las luminarias deben tener juntas para resistir el lavado. El equipo de lavado a presión de cada instalación es diferente, lo que produce diferentes presiones y caudales. Esta información debe obtenerse de la oficina de ingeniería de la planta y las capacidades de la luminaria deben coincidir con ella. Se requiere que la pintura no sea tóxica y ambientalmente neutral, en caso de que se suelte o se descascare. Las luminarias de acero inoxidable sin terminar son populares en los extremos de este tipo de aplicación. La Figura 30.3 ilustra un ejemplo de una tarea de procesamiento de alimentos.

Las propiedades de reproducción de color de las fuentes de luz utilizadas en las áreas de inspección de alimentos son importantes cuando el examen se basa en la apariencia del color.

30.2.9 INSPECCIÓN

El color de la luz se puede utilizar para aumentar el contraste ya sea intensificando o atenuando ciertos colores inherentes a la tarea de ver. Para intensificar un color, la fuente de luz debe ser fuerte en ese color; para atenuar un color, la fuente debe tener un poder espectral relativamente bajo en ese color. Por ejemplo, se ha descubierto que el uso de una luz azulada como una lámpara fluorescente de luz diurna puede enfatizar las imperfecciones en el cromado sobre el niquelado.

Los objetos tridimensionales se ven en sus formas aparentes debido a las sombras y los reflejos resultantes de un fuerte componente direccional en la luz incidente. Este efecto direccional es particularmente útil para enfatizar la textura y los defectos en superficies irregulares.

La silueta es un medio eficaz para verificar el contorno con una plantilla estándar. La iluminación detrás de la plantilla mostrará el brillo donde haya una diferencia entre el contorno del estándar y el objeto a verificar.

La fluorescencia bajo la radiación ultravioleta es a menudo útil para crear contraste. Los defectos superficiales en piezas de metal, plástico no poroso y cerámica pueden detectarse mediante el uso de materiales fluorescentes.

La detección de deformaciones internas en vidrio, lentes, bombillas y plásticos transparentes puede facilitarse mediante luz polarizada transmitida. La transmitancia espectral no uniforme de las áreas deformadas provoca la formación de franjas de color que son visibles para un inspector. Con modelos transparentes de estructuras y piezas de máquinas, es posible analizar las deformaciones en condiciones de funcionamiento.

La inspección exitosa de objetos muy pequeños se mejora en gran medida al verlos a través de lentes y proporcionar suficiente iluminación. Consulte la Figura 30.4. Para el trabajo de producción, la imagen ampliada puede proyectarse en una pantalla. Debido a que la silueta proyectada es muchas veces el tamaño real del objeto, cualquier forma irregular o espaciado inadecuado se puede detectar fácilmente. Se emplean dispositivos similares para la inspección de piezas de máquinas donde las dimensiones y los contornos precisos son esenciales. Un dispositivo típico ahora de uso común proyecta una silueta ampliada de dientes de engranaje en un diagrama de perfil. El acoplamiento de estos engranajes de producción con un patrón de corte perfecto se examina en el diagrama.

Hay ocasiones en las que las piezas móviles deben inspeccionarse o estudiarse mientras están en funcionamiento. La iluminación estroboscópica puede ser eficaz en este proceso ajustando la velocidad de "estrobo" para detener o ralentizar el movimiento aparente de la maquinaria rotatoria o de vaivén de velocidad constante. Las lámparas estroboscópicas emiten destellos de luz a intervalos controlables (frecuencias). El destello puede cronometrarse de modo que cuando se produzca, un objeto con movimiento rotatorio o de vaivén esté siempre exactamente en la misma posición y parezca permanecer estacionario. Esta técnica puede ser muy eficaz para permitir la inspección de piezas rotatorias sin necesidad de detener el proceso. Algunas tareas de inspección implican grandes áreas de superficie y la detección de irregularidades e imperfecciones de acabado. Se pueden utilizar imágenes reflejadas de fuentes de luz lineales para revelar dichas irregularidades e imperfecciones. Véase la Figura 30.5.

Existe un efecto estroboscópico potencialmente peligroso producido involuntariamente por lámparas fluorescentes y de descarga de alta intensidad y otras fuentes que funcionan con balastos magnéticos cuando se produce parpadeo en equipos rotatorios como taladradoras, fresadoras y tornos. A ciertas velocidades de rotación, estas piezas pueden parecer detenidas cuando, de hecho, están girando a una velocidad peligrosa. El uso de balastos electrónicos para operar lámparas a alta frecuencia puede eliminar virtualmente los efectos de parpadeo y estroboscópico.



FIGURA 30.4 | INSPECCIÓN CON ILUMINACIÓN LOCALIZADA

Algunas tareas de inspección implican no sólo movimiento, sino también pequeños elementos e instrumentos manipulados manualmente. Los niveles de iluminación requeridos se logran mejor con iluminación local ubicada cerca de la tarea.

» Imagen ©doc-stock/Corbis



FIGURA 30.5 | INSPECCIÓN CON IMÁGENES DE ORIGEN

Algunas tareas de inspección implican la detección de imperfecciones en los acabados de las superficies. Esto suele lograrse mejor con múltiples fuentes que sean pequeñas en al menos una dimensión, como las múltiples luminarias de tiras fluorescentes utilizadas aquí. Las distintas direcciones de incidencia de la luz ayudan a modelar y revelar imperfecciones. El patrón geométrico regular de las imágenes de origen reflejadas también ayuda a mostrar irregularidades en la superficie. » Imagen ©2011 Bloomberg vía Getty

30.2.10 MECANIZADO Y TRABAJO CON MATERIALES

Aunque las máquinas controladas numéricamente por computadora (CNC) realizan la mayor parte del trabajo de precisión, todavía hay mucho trabajo manual, especialmente en lo que respecta al trabajo de preparación. El mecanizado de piezas metálicas consiste en la preparación y operación de máquinas como tornos, rectificadoras (internas, externas y de superficie), fresadoras (universales y verticales), conformadoras y taladros de columna, trabajo de banco e inspección de superficies metálicas. La precisión de dichas operaciones de máquina generalmente depende de la exactitud de la configuración y del uso cuidadoso de los diales indicadores de avance graduados en lugar de la observación de la herramienta de corte o su trayectoria. El trabajo generalmente se verifica con instrumentos de medición portátiles y sólo en casos raros se realiza un corte de precisión en una línea trazada. La tarea visual fundamental es discriminar detalles en superficies metálicas planas o curvas.

La mayoría de las tareas visuales en el mecanizado de piezas metálicas se iluminan mejor con fuentes de baja luminancia de área grande. El sistema de iluminación general ideal tendría un gran componente indirecto. Si bien se pueden utilizar fuentes de descarga de alta intensidad y fluorescentes para iluminación general, a veces se prefieren las luminarias fluorescentes, particularmente en un patrón de cuadrícula, para alturas de montaje bajas. Las superficies de la habitación

con alta reflectancia mejoran la iluminación y el rendimiento visual. La colocación de la luminaria a menudo está restringida por la ubicación y el tamaño de la estructura del edificio y otros elementos de oclusión, así como el tamaño y la posición del equipo que necesita ser iluminado. Estas restricciones a menudo ayudan a definir la óptica requerida y la distribución de intensidad de las luminarias que se utilizarán. Consulte la Figura 30.6.

Los trabajadores a menudo consultan la información en un VDT u otra pantalla digital, por lo que se debe anticipar el potencial de reflejos veladores producidos por luminarias, paredes con superficies claras y ventanas.

Las tareas visuales industriales a menudo involucran superficies (metálicas o de otro tipo) que tienen forma y exhiben reflectancia no difusa. Estas características son consideraciones importantes al elegir y colocar el equipo de iluminación.

SUPERFICIES CONVEXAS

Discriminar detalles en una superficie convexa, como leer una escala convexa en un calibrador micrométrico, es una tarea típica de la visión. La imagen reflejada de una fuente de baja luminancia de área grande en la escala proporciona un excelente contraste entre las figuras y divisiones oscuras y el fondo brillante sin producir deslumbramiento reflejado. El uso de una fuente de punto cercano para tales aplicaciones da como resultado una banda estrecha y brillante que oscurece el resto de la escala debido a la reflexión especular intensa y la pérdida de contraste entre las figuras o divisiones y el fondo.

SUPERFICIES PLANAS

Al observar una superficie plana, como una escala numérica plana, la tarea de ver es similar a la de leer una escala convexa. Sin embargo, con una escala plana, es posible, dependiendo del tamaño, la ubicación y la forma de la fuente, reflejar la imagen de la fuente en toda la escala o sólo en una pequeña parte de ella. Si la imagen reflejada de la fuente se limita a una parte demasiado pequeña de la escala, es probable que el reflejo sea deslumbrante.

MARCAS DE TRAZO

La visibilidad de las marcas de trazo depende de las características de la superficie, la orientación de la marca de trazo y la naturaleza de la fuente de luz. La luz direccional produce una buena visibilidad de las marcas de trazo en acero laminado en frío sin tratar si las marcas están orientadas para una visibilidad máxima, de modo que la luminancia de la fuente se refleje desde el lado de la marca de trazo hasta el ojo del observador. Desafortunadamente, esta técnica reduce la visibilidad de otras marcas de trazo. Se obtienen mejores resultados con una fuente de baja luminancia de área grande. Si la superficie que se va a grabar está tratada con un tinte de baja reflectancia, el proceso de grabación eliminará el tinte y dejará expuesta la superficie del metal. Dicha grabación aparecerá brillante contra un fondo oscuro. La misma técnica es apropiada para la iluminación de aluminio especular o difuso. En este caso, las marcas grabadas aparecerán oscuras contra un fondo brillante.



FIGURA 30.6 | MAQUINEADO

Las luminarias ubicadas cuidadosamente con respecto a las obstrucciones y máquinas elevadas pueden proporcionar la iluminación general necesaria en muchas áreas industriales. Las luminarias fluorescentes envolventes utilizadas aquí, junto con el cielorraso de alta reflectancia, proporcionan iluminancias horizontales y verticales eficientes en todas las ubicaciones de las tareas.

» Imagen ©moodboard/Corbis

MARCAS DE PUNZÓN CENTRAL

Una tarea visual bastante similar a la de trazar es la de ver las marcas de punzón central. La máxima visibilidad se obtiene cuando el lado del punzón opuesto al observador refleja la luminancia de una fuente de luz. Una fuente direccional ubicada entre el observador y la tarea proporciona resultados excelentes cuando la luz está en un ángulo de aproximadamente 45° con la horizontal.

SUPERFICIES ESPECULARES CÓNCAVAS

La inspección de superficies especulares cóncavas es difícil debido a los reflejos de las fuentes de luz circundantes. Las fuentes de baja luminancia de área grande proporcionan la mejor visibilidad. En el mecanizado de piezas metálicas pequeñas, es deseable una fuente de baja luminancia de aproximadamente 1700 cd/m^2. El tamaño de la fuente depende de la forma de la superficie mecanizada y del área desde la que se desea reflejar el brillo. Las técnicas aplicables a los reflejos especulares también se pueden aplicar a superficies semiespeculares.

30.2.11 ILUMINACIÓN DE ÁREAS EXTERIORES

Se utilizan comúnmente dos sistemas diferentes de iluminación para iluminar grandes áreas exteriores de instalaciones industriales: iluminación proyectada (de largo alcance) e iluminación distribuida. Cada uno tiene sus ventajas en situaciones específicas.

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROYECTADA

La función de este sistema es proporcionar iluminación desde un mínimo de ubicaciones en las diversas áreas de trabajo exteriores. Esto generalmente se logra mediante el uso de luminarias de iluminación con focos orientables. La iluminación de áreas exteriores proyectada tiene la menor cantidad de ubicaciones y, por lo tanto, requiere la menor cantidad de estructura aérea. Las estructuras suelen ser la parte más cara del sistema de iluminación.

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DISTRIBUIDA

En los sistemas de iluminación distribuida, las luminarias se instalan en muchas ubicaciones. El equipo montado en la pared se usa a menudo en las puertas del personal y de los muelles de carga. Sin embargo, el equipo montado en la pared rara vez se debe usar para cubrir una dimensión transversal mayor que dos alturas de montaje y un área longitudinal (horizontal, al costado) más de 4 alturas de montaje. Esto colocaría el equipo de iluminación de área continua en un espaciamiento de 4 alturas de montaje a lo largo de una pared.

Los sistemas de iluminación de áreas exteriores distribuidas tienen la menor cantidad de deslumbramiento porque las alturas de montaje pueden ser menores. Cuando se utilizan reflectores, los ángulos de orientación pueden ser menos oblicuos, lo que permite que funcionen los medios de control del deslumbramiento, como las persianas y las viseras. Se debe tener cuidado de mantener los ángulos de orientación por debajo de los 65 grados por encima del nadir. Consulte también 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

30.2.12 ILUMINACIÓN DE TAREAS COMPLEMENTARIAS

Las tareas visuales difíciles, como la inspección, a menudo requieren una calidad y cantidad específicas de luz que no se pueden obtener fácilmente con los métodos de iluminación generales. Las luminarias complementarias se utilizan a menudo para:

- Proporcionar iluminancias más altas
- Dirigir la atención a áreas pequeñas o restringidas
- Lograr una cierta luminancia
- Proporcionar una reproducción cromática específica
- Permitir una orientación o posicionamiento especial de las fuentes de luz para producir/evitar luces o sombras
- Revelar los detalles de la tarea visual.

Es necesario evaluar el requisito específico de cada tarea visual antes de poder especificar la iluminación de tareas complementarias. No será eficaz simplemente añadir iluminación a la tarea sin tener en cuenta las características de reflexión o transmisión de luz de los objetos observados. Una mejora en la visibilidad de la tarea dependerá de la mejora de uno o más de los cuatro factores fundamentales de visibilidad: luminancia, contraste (cromático o acromático), tamaño y tiempo. La planificación de la iluminación complementaria para la tarea también requiere tener en cuenta la comodidad visual de los trabajadores que realizan la tarea y de otros trabajadores en el área inmediata. El equipo complementario debe protegerse cuidadosamente para evitar el deslumbramiento del usuario y de los trabajadores vecinos. Las relaciones

de luminancia deben controlarse cuidadosamente. Siempre que sea posible, las luminarias complementarias deben montarse de forma permanente en el lugar donde puedan producir el mejor efecto de iluminación y mantenimiento después del montaje. Sin embargo, el equipo portátil puede utilizarse con gran ventaja cuando se debe mover dentro y alrededor de máquinas u objetos móviles, como en el montaje de aviones o en operaciones de mantenimiento donde se deben ver las superficies internas. Las luminarias deben ser mecánica y eléctricamente resistentes para soportar un posible manejo brusco. Las lámparas deben estar protegidas y ser del tipo de servicio rudo. Los protectores u otros medios deben proteger al usuario de calor excesivo. Se deben tomar precauciones, como el uso de interruptores de circuito de falla a tierra para la protección del personal, para evitar descargas eléctricas, y las conexiones eléctricas deben ser adecuadas para el servicio al que estarán sujetas. Consulte la Figura 30.7.

30.2.13 VISIBILIDAD DE OBJETOS

La visibilidad de los objetos en las instalaciones industriales es necesaria no sólo para el desempeño correcto y eficiente del trabajo visual, sino también para la seguridad de los trabajadores. Además de las iluminancias recomendadas que se muestran en la Tabla 30.2, la visibilidad de las tareas en un entorno industrial a menudo requiere una atención particular al contraste, el parpadeo, el modelado, la geometría de la fuente y el sombreado como componentes fundamentales de la visibilidad de la tarea. Contraste La luminancia y el contraste de color se pueden mejorar con elecciones apropiadas de materiales y fuentes. El contraste de color y la reproducción de color pueden ser el aspecto más importante de la visibilidad de una tarea. Consulte 6 | COLOR.





FIGURA 30.7 | ILUMINACIÓN COMPLEMENTARIA PARA TAREAS. imagen izquierda. Algunas tareas son lo suficientemente pequeñas como para requerir iluminación complementaria además de la manipulación. Aquí, se utiliza una lámpara fluorescente circular alrededor de la lente de aumento en una única luminaria de iluminación complementaria para tareas. Imagen superior. Algunas tareas de mecanizado se realizan en equipos que son tan grandes que sólo la iluminación complementaria puede proporcionar la iluminación necesaria. Aquí, una pequeña luminaria ajustable de alta intensidad se puede mover con la pieza de trabajo y/o la máquina » Imagen superior ©Robert Essel NYC/Corbis

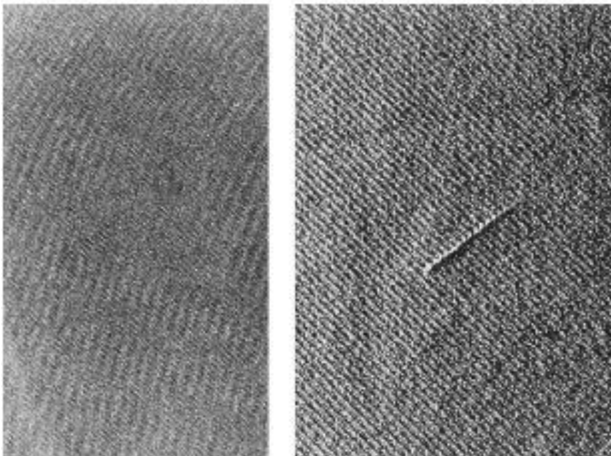


FIGURA 30.8 | MODELADO La iluminación difusa (izquierda) no muestra el hilo tirado, pero la iluminación rasante o direccional (derecha) revela un hilo tirado al generar su sombra.

PARPADEO

El parpadeo es la variación rápida de la intensidad de la fuente de luz, generalmente más notoria en la visión periférica. La salida de los sistemas de iluminación que funcionan con corriente alterna varía en salida a una tasa que es el doble de la frecuencia cíclica de la potencia de entrada. A veces, este "efecto estroboscópico" parece ralentizar o incluso detener el movimiento de los objetos. Esto puede ser molesto o peligroso para los operadores de equipos giratorios u otros equipos de ciclo rápido.

El "índice de parpadeo" se ha establecido como una medida relativa confiable de la variación cíclica en la salida de varias fuentes de luz a una frecuencia de potencia dada y tiene en cuenta la forma de onda de la salida de luz, así como su amplitud. El índice de parpadeo asume valores de 0 a 1,0 con cero para la salida de luz constante. Los valores más altos indican una mayor posibilidad de efecto estroboscópico notable, así como parpadeo de la lámpara.

La mayoría de las lámparas fluorescentes tienen índices de parpadeo bajos y, por lo general, no causan problemas cuando funcionan con una fuente de alimentación de 60 Hz. Su parpadeo visible prácticamente se elimina cuando se opera a alta frecuencia en balastos electrónicos. La sensibilidad al parpadeo varía entre individuos, varía a lo largo del campo visual y, a menudo, pasa desapercibida. Se advierte a los diseñadores que consulten con un fabricante de lámparas sobre el índice de parpadeo de una combinación particular de lámpara fluorescente/balasto antes de utilizarla en un área donde el parpadeo o el estroboscopio podrían ser un problema.

El parpadeo en las lámparas HID depende del tipo de lámpara y del circuito del balasto. El índice de parpadeo es considerablemente más alto en sistemas de energía de 50 Hz. El uso de balastos electrónicos que tengan características de onda rectangular o de alta frecuencia puede ser eficaz para reducir el efecto de parpadeo. El funcionamiento de lámparas fluorescentes o HID en fases alternas de una fuente de alimentación trifásica reducirá el parpadeo observado cuando la luz de las luminarias conectadas a las tres fases se mezcle bien antes de llegar al plano de trabajo. Esto se logra utilizando luminarias con un criterio de espaciado más amplio, diseñando para una superposición del patrón de luz del 50 por ciento y alimentando luminarias adyacentes desde fases alternas.

MODELADO

La iluminación revelará la profundidad, la forma y la textura de un objeto. En aplicaciones industriales, el modelado de la tarea visual puede ser fundamental para evaluar la calidad de las materias primas, la calidad de los productos terminados y el grado de consistencia en los procesos de fabricación. La dirección y distribución adecuadas de la luz pueden variar según el material y la tarea. La iluminación ambiental difusa suele ser inadecuada para evaluar la textura fina; se puede

utilizar iluminación de trabajo para proporcionar la dirección, distribución e intensidad de luz requeridas. Consulte la Figura 30.8.

GEOMETRÍA DE LA FUENTE-OJO

Las relaciones angulares entre el observador, la tarea y la luminaria son frecuentemente críticas para la visibilidad de la tarea. Las tareas industriales son a menudo tridimensionales y a menudo se mueven. Debido a que los ángulos de visión son dinámicos, las relaciones geométricas fuente/tarea/ojo deben entenderse para áreas de trabajo individuales. La geometría puede mejorar el contraste (como las marcas trazadas en un micrómetro) o reducirlo (como ver el dial de un medidor a través de un vidrio).

SOMBRAS

Las sombras pueden interferir con la visibilidad de la tarea al colocar detalles en la oscuridad (por ejemplo, la sombra de un cuerpo en una tarea de máquina), o pueden mejorar la definición de detalles tridimensionales (como imperfecciones en textiles). Las fuentes puntuales (como las lámparas incandescentes o de descarga de alta intensidad) crean sombras más definidas que las lámparas fluorescentes, que producen sombras difusas.

Generalmente, una gran área de sombra, que cubra toda el área de la tarea, simplemente reducirá la iluminancia de la tarea. Las sombras proyectadas por la estructura de la tarea pueden revelar detalles o pueden enmascarar lo que necesita verse. Los entornos con alta reflectancia ayudan a rellenar y modificar las sombras, al igual que las luminarias con un 10 por ciento o más de luz hacia arriba cuando la reflectancia de la cavidad del cielorraso es superior al 50%.



FIGURA 30.9 | ILUMINACIÓN DE ALMACENES Los pasillos altos y estrechos formados por estanterías y existencias de almacén requieren iluminancias verticales relativamente uniformes. En este caso, las luminarias HID de gran altura

con una distribución de intensidad adecuada al ancho del pasillo y la altura de la pila iluminan las superficies verticales. » Imagen ©moodboard/Corbis

Una combinación de iluminación complementaria de tareas e iluminación general es a menudo el mejor enfoque, si se tiene cuidado de minimizar el deslumbramiento. La presencia de sombras puede ser deseable, y la interacción de luces y sombras ayuda a definir la forma de muchas tareas visuales. La iluminación de superficies verticales al menos a la mitad del nivel de iluminancia horizontal a menudo lleva la relación de luces y sombras a un rango tolerable para tareas tridimensionales. Todavía habrá algo de sombra presente, lo que ayuda a modelar la tarea y revelar la forma. Dado que cada tarea visual tiene un rango óptimo de modelado, se debe realizar una evaluación cuidadosa de las tareas visuales críticas para determinar los efectos de varias relaciones de iluminancia horizontal vs. vertical en la visibilidad. Las obstrucciones debajo del plano de montaje de la luminaria, como tuberías y conductos, y la ubicación y orientación de la tarea, afectan la disponibilidad de iluminancia vertical. Las obstrucciones también pueden producir sombras, al igual que un operador ubicado entre la tarea y las luminarias. Cuando una tarea se realiza cerca de una pared y el operador está de frente a ella, es probable que relativamente pocas luminarias contribuyan a la iluminancia de la tarea. En estos casos, las altas reflectancias de la pared (superiores al 60 por ciento) pueden mejorar la visibilidad de la tarea.

30.2.14 ALMACENES

La colocación de artículos en el almacén, su contabilización y su posterior recuperación son algunas de las actividades más extendidas que requieren iluminación eléctrica en las instalaciones industriales. Las actividades de almacenamiento se encuentran en operaciones comerciales de todo tipo, desde pequeñas operaciones locales hasta corporaciones multinacionales.

Dado que se están produciendo cambios rápidos, el concepto tradicional de almacén debe ampliarse para abarcar nuevas técnicas, incluida la automatización, el almacenamiento en edificios altos, la codificación por barras, el almacenamiento en frío y el embalaje retráctil. Los almacenes pueden contener cualquiera de las siguientes áreas y actividades.

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

En el uso del almacén pueden darse diversas áreas y sistemas de almacenamiento que requieran tareas específicas. En cada caso, la naturaleza del área de almacenamiento determina el plano de la tarea y la naturaleza de los objetos que pueden producir sombras no deseadas.

• Almacenamiento abierto. Áreas de almacenamiento de material sin el uso de sistemas de estanterías. Esto incluye el almacenamiento en el suelo y sobre palets, que pueden apilarse unos sobre otros.

• Estanterías muy altas. Áreas generalmente automatizadas, donde los contenedores de almacenamiento pueden rotarse para que los contenedores no utilizados se mantengan en lo alto, y con niveles de almacenamiento que se elevan a más de 30,5 m (100 pies).

• Estanterías fijas. Las áreas con estanterías fijas pueden variar de 1 a 4 m (3 a 12 pies) de ancho y de 2,5 a 9 m (8 a 30 pies) de alto. Los artículos pueden estar en contenedores, en estanterías o en varios tipos de contenedores. El etiquetado de las estanterías, contenedores o contenedores puede variar desde letras grandes en blanco y negro hasta pequeñas etiquetas escritas a mano difíciles de leer.

• Estanterías móviles. Un sistema de almacenamiento que ahora se usa ampliamente en América del Norte. Bloques enteros de estanterías se mueven sobre rieles montados en el piso para abrir y cerrar pasillos según sea necesario. Para obtener el máximo uso de cualquier iluminación provista, se debe considerar la definición de la tarea de visión real.

• Área de almacén. Las marcas de identificación en los lados de materiales voluminosos, rollos de papel y cajones o cajas requieren iluminación vertical. Se debe proporcionar iluminación adicional sobre los pasillos donde las pilas altas de productos interfieren con la iluminación general.

• Almacenamiento en frío. Áreas que almacenan alimentos normalmente perecederos y requieren temperaturas bajas (a veces por debajo del punto de congelación). Consulte 30.2.2 Áreas con Humedad o Temperaturas Extremas o con Atmósferas Corrosivas.

Las figuras 30.9 y 30.10 ilustran los enfoques de iluminación de almacén con HID y fluorescente.



FIGURA 30.10 | ILUMINACIÓN DE ALMACENES

Aquí, las luminarias fluorescentes de gran altura iluminan las superficies verticales de las existencias del almacén. Se pueden utilizar sistemas de sensores y controles para atenuar las luminarias y aprovechar la luz natural disponible a través de los tragaluces.

» Imagen ©Ian Lishman/Juice Images/Corbis

MATERIALES PELIGROSOS

Las áreas donde hay o pueden haber gases, vapores o polvos peligrosos requieren métodos específicos de almacenamiento. Se deben verificar los requisitos del código de construcción local en cuanto a las luminarias permitidas para iluminar áreas donde se almacenan o utilizan materiales peligrosos. Consulte 30.2.3 Áreas Clasificadas

ÁREAS DE ENVÍO Y RECEPCIÓN

Áreas donde se reciben materiales en el almacén para clasificarlos y colocarlos en áreas de almacenamiento. Áreas que sirven como áreas de preparación para la coordinación de productos que se clasificarán y colocarán en camiones o trenes para ser enviados. Una de las tareas visuales más difíciles es leer las marcas en los envíos, las etiquetas y los conocimientos de embarque. La iluminación general puede proporcionar suficiente luz para estas tareas y para la operación de carretillas elevadoras manuales o motorizadas, así como para el tráfico general en el área.

Puede ser necesaria una iluminación complementaria para el interior de los transportadores que traen material a la planta. Se pueden utilizar luminarias de ángulo o de tipo proyector, pero se debe tener cuidado se deben tomar precauciones para evitar el deslumbramiento de estas fuentes. Si los medios de transporte son profundos, puede ser necesario un equipo de iluminación portátil de tipo carrete u otro. Se debe instalar iluminación en el patio o en el muelle de carga para el funcionamiento nocturno.

MUELLES DE CARGA Y ÁREAS DE PREPARACIÓN

Son áreas generalmente justo afuera del área de envío, que pueden estar al aire libre pero a menudo están cubiertas y que se utilizan para colocar artículos dentro y fuera de camiones y vagones de ferrocarril y para ensamblar mercancías.

MANTENIMIENTO

Esto incluye talleres de mantenimiento, áreas de recarga de montacargas y salas de equipos de refrigeración. Lugares donde se realizan actividades generales de mantenimiento de la planta. Generalmente se reservan áreas o salas separadas para estos fines.

ILUMINACIÓN NATURAL

Si bien la luz natural se puede utilizar para ayudar a iluminar los almacenes, se debe tener cuidado de controlar la cantidad y distribución de la luz. La iluminación natural es más efectiva para muchos espacios interiores de almacén cuando se utiliza como iluminación ambiental, pero si se debe ahorrar energía y controlar su variabilidad, se requiere un sistema de iluminación eléctrica bajo control de luz natural. Consulte también 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL.

30.3 Criterios de ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Es poco probable que la selección de criterios o el diseño con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal sobre una gran superficie que alberga máquinas, satisfagan los requisitos de las diversas tareas que se realizan. Es poco probable que esto aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, que desperdicie energía. A continuación se incluyen notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 30.2.

30.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 30.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado realizar referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. Esto se basa en similitudes de tamaño visual, propiedades reflectantes, dificultad e importancia. Puede ser útil revisar la lista de la Tabla 30.2 para determinar si alguna aplicación o tarea presenta un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de determinación de iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la

tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

30.3.2 NOTAS

Las notas en la Tabla 30.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

30.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de tarea y complementaria que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y ver 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en que se deba realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar y, a los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben formar parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de la Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, en los que se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero normalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) a esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lumen certificada por el proveedor del LED. Consulte 13.3 Mantenimiento de la Vida Útil y del Lumen.

Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente, esto es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 30.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión que se genera con un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia que se genera con valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del mismo debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea. Para entornos industriales, esto suele ser, pero no siempre, horizontal o vertical.

30.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y el objetivo de iluminancia se debe determinar en consecuencia.

Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo planar típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente. La tarea puede ser tridimensional y ningún plano en particular es más importante que otro y puede ser necesario proporcionar la iluminancia requerida en varios planos en la posición de la tarea.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (E_h) y un componente de iluminancia vertical (E_v). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planares, esto se indica en "Notas". Tenga en cuenta la implicación para las edades visuales de los observadores. Es necesario establecer y rastrear las orientaciones de la tarea y abordar la iluminancia horizontal y vertical.

Si las orientaciones en el proyecto en cuestión están programadas para ser invertidas con respecto a lo que podría considerarse una visión normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para ser orientada en algún plano fuera del eje de la horizontal o vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son los más apropiados para la situación. Es necesario comprender la maquinaria y su funcionamiento, el proceso involucrado y la posición del operador de la máquina.

30.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto se debe resolver durante la programación con el cliente. Se puede determinar que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto al que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede dar como resultado una iluminación excesiva, insuficiente, intensa, desagradable o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como en las videoconferencias, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la cámara y, por lo tanto, no está vinculada a las edades de los observadores.

30.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a la Y. Estas se muestran en la Tabla 30.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de iluminancia recomendados en caso de que el diseñador desee explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

30.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se controlan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente. El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (C_v). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande. En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería

estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de los márgenes de tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

30.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de la superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar la incomodidad visual, el deslumbramiento y la tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a las iluminancias horizontales como a las verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (E_h). En algunas situaciones, en particular las relacionadas con iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor se refiere a la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importantes sean la velocidad y la precisión y más exigente la tarea visual, más ajustada será la relación.

30.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

30.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

30.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

30.3.5 MEJORA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la

iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

30.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Algunas tareas industriales, como las computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III, las tareas impresas con tinta brillante o papel brillante y muchos objetos hechos de metales y plásticos son propensos a reflejos especulares. En algunos casos, estos reflejos pueden ayudar (como ver rayones en un acabado que de otro modo sería suave), pero en otros reducen la visibilidad al causar reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos especulares se indica mediante un ícono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y la dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de la tarea. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden apantallar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones de intensidad de luminaria y luminancia predeterminadas para aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos de velo, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

30.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de la tarea, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican las áreas típicas de cobertura de iluminancia de la tarea, pero es posible que no sean apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es "la tarea propiamente dicha o el área de la tarea". Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea. En algunas situaciones, como el acentuado, el área de "tarea" puede consistir en toda la pared cuando se desea un “muro característico” o un “perímetro” de acento. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tarea cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 30.2.

Otra área de cobertura es “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que ocurran las aplicaciones y tareas. El área designada generalmente se establece por la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 30.2 se basan en nociones tradicionales. Entonces, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” daría como resultado cierta cantidad de reducción de LPD en comparación con la cobertura de “sala o área designada”. Si la tarea se puede limitar a un área en lugar de a varias, si la habitación o el área en la que se ubica la tarea es relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

30.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para las instalaciones de fabricación y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Es posible que las estrategias de selección y ubicación de los equipos deban abordar la posibilidad de un uso inadecuado de los equipos de iluminación. Para aplicaciones en exteriores, las lámparas y los balastos, los transformadores y los controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. La respuesta de atenuación a la luz del día puede resultar poco práctica. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la seguridad y productividad de los trabajadores que se pretende que utilicen el proyecto

• usar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción, almacenamiento y orientados al trabajo

• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• usar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y salida

• usar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos, de abuso y de luminancia

• usar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como ajustes preestablecidos, sensores de ocupación y vacancia, relojes de tiempo astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan simplemente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales al aire libre

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras operativas y maquetas para probar conceptos

• identificación y diseño de requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sostenibilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la posterior disposición por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas

El diseño para la seguridad y la productividad de los trabajadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los trabajadores, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, como también cuántos recursos de la tierra menos se ahorraron, como también cuánto costó todo el asunto o cuánto valor de ingeniería se ahorró o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de

diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados en los costos iniciales y del ciclo de vida. La presupuestación debe incluir el aporte del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo 1% de inspiración y 99% de transpiración.

IESH/10e RECURSOS DE ECONOMÍA

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre estimación de costos

• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva construcción

• para obtener más información sobre diseño para iluminación natural

• para obtener más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para obtener más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y estándares de iluminación

• para obtener más información sobre estándares de aplicación

• para obtener más información sobre regulaciones de equipos

IESH/10e RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

> 12.5.S.6 Iluminancias nocturnas en exteriores

• para obtener más información sobre eficacias de lámparas bajo adaptación mesópica

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para obtener más información sobre criterios

IESH/10e RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD

> 13.11 Sostenibilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre controles

• para más información sobre recursos de la tierra

- *para más información sobre energía*
- *para más información sobre análisis de ciclo de vida*
- *para más información sobre diseño de iluminación*
- *para más información sobre reciclaje*

30.5 REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. The IESNA Lighting Handbook: Reference and Application, Ninth Edition (New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000), Chapters 5, 10, and 13.

[2] ANSI/IESNA American National Standards Institute, Illuminating Engineering Society of North America. 2001. RP-7-01, American National Standard Recommended Practice for Lighting Industrial Facilities. New York: IESNA. 75p.

[3] Peter Boyce, Human Factors in Lighting, Second Edition (London: Taylor & Francis, 2003), pp. 425-427.



©Dave G. Houser/Corbis

31 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES DIVERSAS

La ciencia es conocimiento organizado. La sabiduría es vida organizada. Immanuel Kant, filósofo alemán del siglo XVIII [I]

Contenido

Aquí se presentan varios conjuntos de aplicaciones y tareas que no se pueden clasificar de manera conveniente con las de otros capítulos. Se han recopilado aquí en un formato similar al de otros capítulos de aplicaciones de este manual, aunque su única relación entre sí es que se podría decir que se califican como instalaciones institucionales. Sin duda, todas son aplicaciones importantes con tareas exigentes que respaldan el comercio, las libertades, la seguridad y la protección. La iluminación atiende las necesidades visuales de los usuarios, que van desde las tareas de los centros de llamadas al 911 hasta la facilitación de foros públicos en las cámaras de los consejos. Las aplicaciones que se consolidan aquí son:

- Instalaciones financieras
- Instalaciones municipales
- Oficinas de correos

Las instalaciones financieras incluyen la banca y el comercio. Las instalaciones municipales incluyen los ayuntamientos y las estaciones de bomberos y policía. Las oficinas de correos incluyen los servicios al consumidor y la clasificación. Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos deben identificarse y los objetivos y estrategias de iluminación deben desarrollarse en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para instalaciones diversas que deben influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (ver 15.2 Un esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES sirven como fuentes de referencia de archivo [2].

Se debe pensar deliberadamente en detalles que vayan más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en el caso de INSTALACIONES MUNICIPALES/Estaciones de Bomberos/Bahías de Aparatos/General en la Tabla 31.2, las citas de iluminancia se aplican a la sala general en la que se asegurarán los vehículos de emergencia. Esto permite la inspección y limpieza de equipos en plataformas y las actividades básicas de servicio y mantenimiento de componentes en bahías vacías. Sin embargo, no es raro que las estaciones de bomberos cumplan diversas funciones cívicas, como las de votación. Si se programa una situación de este tipo, el diseñador debe revisar las tareas de votación probables y determinar si la iluminancia general para las bahías de aparatos será suficiente. El diseño debe saber qué tareas adicionales, si las hay, deben acomodarse. Se debe realizar un estudio de tareas, como el que se ejemplifica en la Tabla 12.3 | Ejemplo de Estudio Visual de Tareas. Dichos detalles no se enumeran para las tareas. La Tabla 31.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios IES y reemplazarlos. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

31.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la iluminación natural puede ser la fuente de luz principal. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

31.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios de instalaciones diversas que se están considerando y los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de los tipos de espacios se requieren al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo de la iluminación, la energía y el cumplimiento de la normativa energética. Los nombres de las habitaciones, de los que se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia de Aplicaciones Diversas deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Solicite una aclaración con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 31.2.

Tabla 31.1 | Lista de Verificación de Iluminación para Aplicaciones Diversas

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 31.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Medioambiente Externo Nocturno
Cuadro 15.6 | Estrategias operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medio Ambiente al Aire Libre
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 31.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 31.2
Este Capítulo: Cuadro 31.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

En muchas situaciones en los juzgados y centros penitenciarios, la seguridad es una parte inherente de la tarea: asegurar a los detenidos y prisioneros para evitar que escapen o realicen acciones destructivas contra la propiedad, ellos mismos o los demás; proteger al personal clave de los juzgados y centros penitenciarios de daños. La iluminación desempeña un papel, pero sólo como parte de un programa de seguridad mucho más amplio para que sea eficaz. El hardware de iluminación en sí mismo debe considerarse un objetivo de comportamiento destructivo en algunas de estas situaciones. El diseñador debe revisar la información de programación y consultar con el equipo y el propietario para establecer el alcance total de los problemas de seguridad que afectan a la iluminación. La siguiente discusión está vinculada a los

principales encabezados de aplicación en la Tabla 31.2. Combine esto con los temas de la Tabla 31.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

31.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta las percepciones de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual, la inspección y la orientación. La acentuación realza las formas espaciales arquitectónicas y los límites e impresiones del volumen espacial. Consulte las Tablas 12.1a, 12.1b y 12.2. Los acentos pueden hacer que los espacios parezcan menos institucionales.

31.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación para áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de las tareas variarán según las diversas instalaciones involucradas. En algunos proyectos, estos detalles deberían afectar el diseño de la iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias. En otros proyectos, en particular en áreas más seguras de las comisarías de policía, los requisitos sencillos de seguridad y abuso prevalecerán sobre algunos aspectos de los efectos de iluminación y el estilo del equipo. Las áreas administrativas suelen estar consolidadas en una sola área, ala o edificio. Varios aspectos pueden afectar el grado en que el diseño de iluminación en el área administrativa es comprensivo o diferente al de las otras aplicaciones y tareas en la instalación en cuestión:

- Deseos del propietario y deseos arquitectónicos
- Conexión visual entre las áreas administrativas y otras áreas de la instalación
- Estilo de gestión

Véase también 32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS.

31.2.3 ATRIOS Y PATIOS

La iluminación para atrios y patios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

31.2.4 BANCA

Consulte la Sección 31.2.8 Instalaciones Financieras.

31.2.5 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

31.2.6 CIRCULACIÓN

Dados los diversos requisitos de seguridad, la iluminación para la circulación se aborda en las respectivas áreas de aplicación de instalaciones diversas. Los criterios predeterminados se citan en ESPACIOS DE TRANSICIÓN.

31.2.7 CONFERENCIAS

Se utilizan varias formas de conferencias en instalaciones diversas. La iluminación para conferencias se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

31.2.8 INSTALACIONES FINANCIERAS

Las aplicaciones bancarias y comerciales implican una amplia gama de tareas visuales. Algunas implican la lectura prolongada de múltiples pantallas de computadora o papeleo o evaluación facial o alguna combinación. Además, alguna iluminación está estrechamente integrada con la marca minorista de la respectiva corporación financiera. En todas estas tareas y estrategias de marca existe un nivel de seguridad que normalmente implica cámaras de vigilancia o grabación. Las ubicaciones y orientaciones de las cámaras deben coordinarse con los diseños de iluminación para minimizar la pérdida de calidad de la imagen. Además, las relaciones de uniformidad deben confirmarse con las capacidades de la cámara para evitar situaciones en las que las cámaras pierdan imágenes al desplazarse por el espacio.

Los efectos de iluminación y el estilo, los tamaños y los diseños de los equipos pueden contribuir a crear un entorno urbano. La iluminación natural se considera un beneficio significativo, pero el tipo, la ubicación y el tamaño de los medios de iluminación natural deben coordinarse con el consultor de seguridad.

A continuación, se describe la iluminación para algunas aplicaciones y tareas clave.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual, inspeccionar y orientar. Consulte 15.1.1.3 Iluminación de Acento. Estos son criterios que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.										
•Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para conocer los materiales que merecen ser conservados.						Ver Tabla 15.2				
•Muro de presentación	En el plano de la pared						Ver Tabla 15.2				
•Punto focal importante	En el plano del punto focal		Ver Tabla 15.2				Ver Tabla 15.2				
•Perímetro	En el plano de la pared						Ver Tabla 15.2				
ADMINISTRACIÓN	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ATRIO y PATIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
BANCA	Consulte INSTALACIONES FINANCIERAS										
ENTRADA A EDIFICIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CIRCULACIÓN	Consulte aplicaciones específicas o consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los valores predeterminados.										
CONFERENCIAS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
INSTALACIONES FINANCIERAS	Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.										
•Cajeros automáticos											
•Servicio desde el automóvil	Consulte INSTALACIONES FINANCIERAS/Servicios de acceso vehicular										
•Servicio a pie											
•Interior	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Exterior	Consulte INSTALACIONES FINANCIERAS/Servicios de acceso vehicular										
•Servicio desde el automóvil	Aplicaciones en el EXTERIOR										
•Cubierto											
•Frente del dispositivo de transacción	Resalte el sistema de acción táctil a menos que esté iluminado internamente. En algunas situaciones, los componentes de algunos dispositivos pueden presentar acabados brillantes o pulidos y pueden crear reflejos que opaquen el ambiente. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.										
•LZ4[i]	E_v @3'-4' AFG						L	37.5	75	150	Prom.
•LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_v @3'-4' AFG						K	25	50	100	Prom.
•LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_v @3'-4' AFG						J	20	40	80	Prom.
•LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_v @3'-4' AFG						I	15	30	60	Prom.
•LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_v @3'-4' AFG y control con sensores de movimiento. [j]						H	10	20	40	Prom.
•LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento. j						-	0	0	0	

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	3:1					
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual, inspeccionar y orientar. Consulte 15.1.1.3 Iluminación de Acento. Estos son criterios que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.																	
•Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para conocer los materiales que merecen ser conservados.								Ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		✓	✓	✓	
•Muro de presentación	En el plano de la pared								Ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		✓		✓	
•Punto focal importante	En el plano del punto focal			Ver Tabla 15.2					Ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		✓	✓	✓	
•Perímetro	En el plano de la pared								Ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3		✓		✓	
ADMINISTRACIÓN	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
ATRIO y PATIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
BANCA	Consulte INSTALACIONES FINANCIERAS																	
ENTRADA A EDIFICIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
CIRCULACIÓN	Consulte aplicaciones específicas o consulte ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de circulación para conocer los valores predeterminados.																	
CONFERENCIAS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
INSTALACIONES FINANCIERAS	Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.																	
•Cajeros automáticos																		
•Servicio desde el automóvil	Consulte INSTALACIONES FINANCIERAS/Servicios de acceso vehicular																	
•Servicio a pie																		
·Interior	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓	✓	✓	
·Exterior	Consulte INSTALACIONES FINANCIERAS/Servicios de acceso vehicular																	
•Servicio desde el automóvil	Aplicaciones en el EXTERIOR																	
•Cubierto																		
·Frente del dispositivo de transacción	Resalte el sistema de acción táctil a menos que esté iluminado internamente. En algunas situaciones, los componentes de algunos dispositivos pueden presentar acabados brillantes o pulidos y pueden crear reflejos que opaquen el ambiente. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.																	
·LZ4[i]	E_v @3'-4' AFG						L	37.5	75	150	Prom.	2:1	3:1			✓	✓	
·LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_v @3'-4' AFG						K	25	50	100	Prom.	2:1	3:1 (6:1)			✓	✓	
·LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_v @3'-4' AFG						J	20	40	80	Prom.	2:1	3:1 (6:1)			✓	✓	
·LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_v @3'-4' AFG						I	15	30	60	Prom.	2:1	3:1 (6:1)			✓	✓	
·LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_v @3'-4' AFG y control con sensores de movimiento. [j]						H	10	20	40	Prom.	2:1				✓	✓	
·LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento. j						-	0	0	0								

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
COMPLEJOS FINANCIEROS	(Servicios al Aire Libre con Acceso Vehicular/Cubiertos, continuación)										
• General	La iluminación debe cubrir un área dentro de un radio de 10 pies de la transacción o hasta el borde de la cubierta o los límites de la propiedad o los derechos de paso, lo que sea menor. Ev debe estar en planos orientados hacia el área de la transacción. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.										
• LZ4[i]	E_h @grado; E_v @5' AFG	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado; E_v @5' AFG	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado; E_v @5' AFG	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado; E_v @5' AFG	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h@grado; E_v @5' AFG y control con sensores de movimiento. j	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento.j	-	0	0	0		-	0	0	0	
• Sin cobertura											
• Frente del dispositivo de transacción	Resalte el sistema de acción táctil a menos que esté iluminado internamente. En algunas situaciones, los componentes de algunos dispositivos pueden presentar acabados brillantes o pulidos y pueden crear reflejos velados. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.										
• LZ4[i]	E_v @3'-4' AFG						J	20	40	80	Prom.
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_v @3'-4' AFG						I	15	30	60	Prom.
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_v @3'-4' AFG						H	10	20	40	Prom.
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_v @3'-4' AFG						G	7.5	15	30	Prom.
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_v @3'-4' AFG y control con sensores de movimiento. j						F	5	10	20	Prom.
• LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento.j						-	0	0	0	
• General	La iluminación debe cubrir un área dentro de un radio de 10 pies de la transacción o hasta el borde de la cubierta o los límites de la propiedad o los derechos de paso, lo que sea menor. Ev debe estar en planos orientados hacia el área de la transacción. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.										
• LZ4[i]	E_h@grado; E_v @5' AFG	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h@grado; E_v @5' AFG	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h@grado; E_v @5' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado; E_v @5' AFG	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h@grado; E_v @5' AFG y control con sensores de movimiento. j	E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento.j	-	0	0	0		-	0	0	0	
• Vestíbulos Bancarios											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Ventanilla de cajeros	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de escritura	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Centros de procesamiento	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										
• Ajustes	Presuntas microformas proyectadas	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Distribución	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Codificación	E_h @2' 6" AFF; Ev @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Conciliación	E_h @2' 6" AFF; Ev @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Clasificador	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Extractos	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										
• Archivo	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Ensamblaje de Extractos/ Correo	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Estación de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
COMPLEJOS FINANCIEROS	(Servicios al Aire Libre con Acceso Vehicular/Cubiertos, continuación)																	
· General	La iluminación debe cubrir un área dentro de un radio de 10 pies de la transacción o hasta el borde de la cubierta o los límites de la propiedad o los derechos de paso, lo que sea menor. Ev debe estar en planos orientados hacia el área de la transacción. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.																	
· LZ4[i]	E_h @grado;E_v @5' AFG	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	2:1	3:1					
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado;E_v @5' AFG	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado;E_v @5' AFG	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado;E_v @5' AFG	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado;E_v @5' AFG y control con sensores de movimiento. j	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1						
· LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento.j	-	0	0	0		-	0	0	0								
· Sin cobertura																		
· Frente del dispositivo de transacción	Resalte el sistema de acción táctil a menos que esté iluminado internamente. En algunas situaciones, los componentes de algunos dispositivos pueden presentar acabados brillantes o pulidos y pueden crear reflejos velados. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.																	
· LZ4[i]	E_v @3'-4' AFG						J	20	40	80	Prom.	2:1	3:1					
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_v @3'-4' AFG						I	15	30	60	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_v @3'-4' AFG						H	10	20	40	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_v @3'-4' AFG						G	7.5	15	30	Prom.	2:1						
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_v @3'-4' AFG y control con sensores de movimiento. j						F	5	10	20	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento.j						-	0	0	0								
· General	La iluminación debe cubrir un área dentro de un radio de 10 pies de la transacción o hasta el borde de la cubierta o los límites de la propiedad o los derechos de paso, lo que sea menor. Ev debe estar en planos orientados hacia el área de la transacción. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad.																	
· LZ4[i]	E_h@grado; E_v @5' AFG	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	3:1					
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h@grado; E_v @5' AFG	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h@grado;E_v @5' AFG	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h@grado;E_v @5' AFG	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	3:1 (6:1)					
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h@grado;E_v @5' AFG y control con sensores de movimiento. j	E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1						
· LZ0[i] toque de queda	Control con sensores de movimiento.j	-	0	0	0		-	0	0	0								
• Vestíbulos Bancarios																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					
• Ventanilla de cajeros	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Mesa de escritura	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Centros de procesamiento	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.																	
• Ajustes	Presuntas microformas proyectadas	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Tabla 12.6						
• Distribución	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1					
• Codificación	E_h @2' 6" AFF; Ev @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Tabla 12.6						
• Conciliación	E_h @2' 6" AFF; Ev @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Tabla 12.6						
• Clasificador	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1					
• Extractos	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.																	
· Archivo	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1					
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					
Ensamblaje de Extractos/ Correo	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1					
· Estación de Trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	ver Tabla 12.6						

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES FINANCIERAS	(Continuación)										
• Cajas de seguridad											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Cajas de depósito	E_h @3' AFF en cara de casilla de depósito; E_v sobre la cara de casilla de depósito	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF sobre estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Comercio	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Puesto de trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
ESTACIONES DE BOMBEROS	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES										
TI	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
INSTALACIONES MUNICIPALES											
• Ayuntamiento											
• Áreas administrativas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ADMINISTRACIÓN										
• Auditorio	Ver 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORÍAS										
• Salas del Consejo											
• Audiencia											
• AV	Se pretende tomar notas. E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Sin AV	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.										
• Presentación de artículos								10	10	10	Max
• Referencia periódica								50	50	50	Max
• Tarima del Consejo	Iluminación a los miembros del consejo										
• AV											
Cara(s)	E_v @4' AFF						Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh				
Superficie de trabajo	E_h @2' 6" AFF	Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh									
• Sin AV	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• AV	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
• Todo excepto AV o actuación	E_h @piso; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.
• Casetas de Control	Ver 28 / ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO										
• Garages											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario										
• Trabajo en banco y campana	E_h and E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Vestíbulos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera										
• Centro Público de Negocios	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera										
Centro de Llamados de Emergencia	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
Ver Tabla 12.6			■	■	■	■
						■
						■
						■
						■
	2:1					■
	3:1		■			■
2:1					■	
2:1					■	
	2:1				■	
	2:1				■	
	3:1		■		■	
	5:1/3:1				■	
	10:1/3:1		■		■	
	3:1		■			
1.5:1	1.5:1		■		■	

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.
a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.
b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.
g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.
h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES FINANCIERAS	(Continuación)																	
• Cajas de seguridad																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Cajas de depósito	E_h @3' AFF en cara de casilla de depósito; E_v sobre la cara de casilla de depósito	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Mesa de inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF sobre estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
• Comercio	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.																	
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Puesto de trabajo	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		Ver Tabla 12.6		■	■	■	■
ESTACIONES DE BOMBEROS	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES																	
TI	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
INSTALACIONES MUNICIPALES																		
• Ayuntamiento																		■
• Áreas administrativas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ADMINISTRACIÓN																	■
• Auditorio	Ver 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORÍAS																	■
• Salas del Consejo																		■
• Audiencia																		
• AV	Se pretende tomar notas. E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		2:1					■
• Sin AV	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.																	
• Presentación de artículos								10	10	10	Max	2:1					■	
• Referencia periódica								50	50	50	Max	2:1					■	
• Tarima del Consejo	Iluminación a los miembros del consejo																	
• AV																		
Cara(s)	E_v @4' AFF						Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh						2:1				■	
Superficie de trabajo	E_h @2' 6" AFF	Prom. ≤3 veces la tarea de la audiencia Eh											2:1				■	
• Sin AV	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		■		■	
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																	
• AV	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.		5:1/3:1				■	
• Todo excepto AV o actuación	E_h @piso; E_v @5' AFF		10	10	10	Min	I	15	30	60	Prom.		10:1/3:1		■		■	
• Casetas de Control	Ver 28 / ILUMINACIÓN PARA HOSPITALIDAD Y ENTRETENIMIENTO																	
• Garages																		
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		■			
• Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario																	
• Trabajo en banco y campana	E_h and E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.5:1	1.5:1		■		■	
• Vestíbulos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera																	
• Centro Público de Negocios	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera																	
Centro de Llamados de Emergencia	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.																	

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES MUNICIPALES	(continuación)										
• Estación de bomberos											
• Áreas administrativas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ADMINISTRACIÓN										
• Bahías de aparatos	Controles de interfaz con sensores de alarma o movimiento.										
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Equipo de protección perimetral	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario										
• Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación										
• Sala de estar	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES/Estación de Bomberos/Sala de Estar										
• Dormitorio	Los criterios se relacionan con habitaciones individuales o con cuarteles generales										
· Lectura informal	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Escritorio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Comedor	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Sala de juegos											
· Electrónica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Tradicional	E_h @mesas; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Torre de mangueras	Eh y Ev @3' AFF de cada elevación de piso en toda el área destinada al secado de manguera.	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Cocina											
· En suite	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Institucional	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Comida										
• Lavandería	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sala de estar	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sala de medios	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Capacitación	Ver 24 / ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN/AULAS										
• Sala de equipo de protección	Eh @3' AFF; Ev @5' AFF. Controles de interfaz con alarma o sensores de movimiento.	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Estación de policía	Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad										
• Áreas administrativas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ADMINISTRACIÓN										
• Armería											
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Mesa de inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Estantes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Salas de entrevistas entre abogados y clientes	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Celdas											
· Celdas de retención grupal											
· Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Celdas individuales											
· General											
Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Noche	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Áreas de tareas	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1		■			
	3:1		■		■	
	ver tabla 12.6		■	■	■	
	ver tabla 12.6		■	■	■	
	3:1		■	■	■	
	4:1		■			■
	3:1		■	■		■
	ver tabla 12.6		■		■	
	3:1		■			■
	ver tabla 12.6		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■	■		■
	3:1		■		■	
						■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1					■
			■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■		■	

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES MUNICIPALES	(continuación)																	
• Estación de bomberos																		
• Áreas administrativas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ADMINISTRACIÓN																	
• Bahías de aparatos	Controles de interfaz con sensores de alarma o movimiento.																	
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓			
Equipo de protección perimetral	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓		✓	
· Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario																	
• Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Corredores de Circulación																	
• Sala de estar	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES/Estación de Bomberos/Sala de Estar																	
• Dormitorio	Los criterios se relacionan con habitaciones individuales o con cuarteles generales																	
· Lectura informal	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver tabla 12.6		✓	✓	✓	
· Escritorio	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver tabla 12.6		✓	✓	✓	
· Comedor	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓	✓	✓	
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	J	20	40	80	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1		✓			✓
• Sala de juegos																		
· Electrónica	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓	✓		✓
· Tradicional	E_h @mesas; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver tabla 12.6		✓		✓	
• Torre de mangueras	Eh y Ev @3' AFF de cada elevación de piso en toda el área destinada al secado de manguera.	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Cocina																		
· En suite	E_h y E_v @3' AFF	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6		✓		✓	
· Institucional	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Comida																	
• Lavandería	E_h y E_v @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓			✓
• Sala de estar	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.							
• Sala de medios	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		✓	✓		✓
• Capacitación	Ver 24 / ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN/AULAS																	
• Sala de equipo de protección	Eh @3' AFF; Ev @5' AFF. Controles de interfaz con alarma o sensores de movimiento.	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓		✓	
• Estación de policía	Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad																	✓
• Áreas administrativas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ADMINISTRACIÓN																	
• Armería																		
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓			✓
· Mesa de inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF en estantes	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1		✓		✓	
· Estantes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF en estantes	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1		✓		✓	
• Salas de entrevistas entre abogados y clientes	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		✓			✓
• Celdas																		
· Celdas de retención grupal																		
· Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓			✓
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					✓
· Celdas individuales																		
· General															✓			✓
Día	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓			✓
Noche	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		✓			✓
· Áreas de tareas	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		✓		✓	

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INSTALACIONES MUNICIPALES	(Continuación de estación de policía)										
• Pasillos de circulación	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede resultar adecuada una iluminación localizada.										
· Público	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Seguro											
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Cierre de emergencia	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Personal	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores										
• Campo de tiro	INTERIOR Eh @ línea de tiro 3' AFG; Ev @ área del objetivo	P	150	300	600	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Área de admisión y salida	Véase también 23 | ILUMINACIÓN PARA TRIBUNALES Y CENTROS PENITENCIARIOS										
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Suite de higiene											
· Vestuario	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Ducha	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Inodoro	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Procesamiento de identificación	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Propiedad											
· Inventario	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Cuarto de propiedad											
Frente de estanterías o bastidores	E_h @3' 6"; E_v sobre cara de estantes	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· General	E_h @piso; Ev @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Puerto de salida	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES/Estación de Policía/Puerto de Salida de Vehículos										
· Almacenamiento seguro	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Inodoros											
· Detenidos y reclusos	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Público	Ver BAÑOS/VESTUARIOS										
· Personal	Ver BAÑOS/VESTUARIOS										
· Espera											
· Detenidos											
· Grupo (sala de TV)	E_h @piso; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Celda de aislamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Público	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y salas de espera										
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y salas de espera										
• Puerto de salida de vehículos											
· Día	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Noche	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Puesto de vigilancia	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera/Recepción										
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
CAMINOS PEATONALES	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min				
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
		2:1				
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.
a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.
b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.
g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.
h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INSTALACIONES MUNICIPALES	(Continuación de estación de policía)																	
• Pasillos de circulación	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede resultar adecuada una iluminación localizada.																	
• Público	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Seguro																		
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Cierre de emergencia	E_h @piso; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	P	150	300	600	Prom.		2:1		■			■
• Personal	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Ascensores	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Ascensores																	
• Campo de tiro	INTERIOR Eh @ línea de tiro 3' AFG; Ev @ área del objetivo	P	150	300	600	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.			2:1	■		■	
• Área de admisión y salida	Véase también 23 | ILUMINACIÓN PARA TRIBUNALES Y CENTROS PENITENCIARIOS																	
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Suite de higiene																		
• Vestuario	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Ducha	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Inodoro	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
Procesamiento de identificación	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		3:1		■			■
• Propiedad																		
• Inventario	E_h @3' 6"; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		3:1		■		■	
• Cuarto de propiedad																		
Frente de estanterías o bastidores	E_h @3' 6"; E_v sobre cara de estantes	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• General	E_h @piso; Ev @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Puerto de salida	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES/Estación de Policía/Puerto de Salida de Vehículos																	
• Almacenamiento seguro	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
• Inodoros																		
• Detenidos y reclusos	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Público	Ver BAÑOS/VESTUARIOS																	
• Personal	Ver BAÑOS/VESTUARIOS																	
• Espera																		
• Detenidos																		
• Grupo (sala de TV)	E_h @piso; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
• Celda de aislamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Público	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y salas de espera																	
• Vestíbulo	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y salas de espera																	
• Puerto de salida de vehículos																		
• Día	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1		■			■
• Noche	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1					■
• Puesto de vigilancia	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Vestíbulos y Salas de Espera/Recepción																	
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
CAMINOS PEATONALES	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESTACIONES DE POLICÍA	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES										
OFICINA DE CORREOS	Coordinar iluminación con cámaras de seguridad										
Vestíbulo de atención al consumidor											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Ventanilla postal	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mesa de escritura	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Apartados de correos											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Buzones de correo	Eh a 3' AFF en la cara de los buzones; Ev sobre la cara de los buzones	M	50	100	200	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Mesa de inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF sobre estantes	P	150	300	600	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Centro de procesamiento	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										
• Distribución	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Codificación	E_h @2' 6" AFF; Ev @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Inspección de seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificador	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Recepción/Envío	Consulte ESPACIOS DE SOPORTE/Recepción/Envío										
LECTURA Y ESCRITURA											
• Computadora	Consulte LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado de VDT										
• Lectores electrónicos											
Dispositivos de tinta electrónica	E_h y E_v @altura del aparato	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del aparato	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Facsímil											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Trabajo manuscrito	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario										
• Lápiz											
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Bolígrafo/Punta-rodante/Plumón											
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo, verde, azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Microformas (proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Medios de impresión	Impresión digital generada por prensa, papel blanco										
• Fuente de 6 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fuente de 8 y 10 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Fuente de 12 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Área Típica de Cobertura[h]: Habitación o Área Designada
	3:1		■			■
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1				■	
	3:1		■		■	
	3:1		■			■
	ver tabla 12.6		■			■
	ver tabla 12.6		■	■	■	
	3:1		■			■
	2:1		■	■	■	■
	2:1		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■		■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6			■	■	■
	ver tabla 12.6		■		■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■		■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■
	ver tabla 12.6		■		■	■
	ver tabla 12.6		■	■	■	■

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.
a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.
b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.
g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.
h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ESTACIONES DE POLICÍA	Ver INSTALACIONES MUNICIPALES													
OFICINA DE CORREOS	Coordinar iluminación con cámaras de seguridad													
Vestíbulo de atención al consumidor														
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Ventanilla postal	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
• Mesa de escritura	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Apartados de correos														
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Buzones de correo	Eh a 3' AFF en la cara de los buzones; Ev sobre la cara de los buzones	M	50	100	200	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Mesa de inspección	E_h @piso; E_v @5' AFF sobre estantes	P	150	300	600	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Centro de procesamiento	Alternativamente, consulte las tareas de LECTURA Y ESCRITURA y normalice según la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.													
• Distribución	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Codificación	E_h @2' 6" AFF; Ev @3' 6" AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver tabla 12.6	
• Inspección de seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		ver tabla 12.6	
• Clasificador	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Recepción/Envío	Consulte ESPACIOS DE SOPORTE/Recepción/Envío													
LECTURA Y ESCRITURA														
• Computadora	Consulte LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado de VDT													
• Lectores electrónicos														
Dispositivos de tinta electrónica	E_h y E_v @altura del aparato	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1	
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del aparato	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1	
• Facsímil														
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver tabla 12.6	
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6	
• Trabajo manuscrito	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario													
• Lápiz														
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6	
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver tabla 12.6	
Bolígrafo/Punta-rodante/Plumón														
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6	
· Rojo, verde, azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6	
• Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT													
• Microformas (proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		ver tabla 12.6	
• Medios de impresión	Impresión digital generada por prensa, papel blanco													
• Fuente de 6 puntos														
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6	
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver tabla 12.6	
• Fuente de 8 y 10 puntos														
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver tabla 12.6	
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver tabla 12.6	
• Fuente de 12 puntos														
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver tabla 12.6	
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver tabla 12.6	

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LECTURA Y ESCRITURA	(Continuación)										
• Pantalla y teclado de VDT											
• Tipos CSA/ISO I y II	Ver Figura 12.16 | CSA/ISO Cualidades de la pantalla de la computadora										
• Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tipo CSA/ISO III	Ver Figura 12.16 | CSA/ISO Cualidades de la pantalla de la computadora										
• Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pizarra blanca											
• Analógica o digital											
• Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.
• Lectura (con presentador)	Presentador con pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.
• Xerografía	Copiadora e impresora generada en papel blanco										
• Tipo ≥ 8 pt, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos)										
• Color											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Impresión en escala de grises y/o B+N											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
ESPACIOS DE APOYO											
• Salas de descanso/comedor	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Guardarropas o Guardarropías	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Salas de fotocopiado/impresión											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Espacio intersticial[o]	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Armario de conserjería	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Instalación de correo											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Inspección de seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Recepción/Envío											
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Preparación	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF										
• Equipos		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Artículos voluminosos		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Artículos medianos		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Artículos pequeños		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Tabla 12.6				I	I
	ver Tabla 12.6				I	I
	ver Tabla 12.6				I	I
	ver Tabla 12.6				I	I
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6				I	I
	ver Tabla 12.6				I	I
	ver Tabla 12.6				I	I
	ver Tabla 12.6				I	I
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal: Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical: Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min
LECTURA Y ESCRITURA	(Continuación)											
• Pantalla y teclado de VDT												
• Tipos CSA/ISO I y II	Ver Figura 12.16 | CSA/ISO Cualidades de la pantalla de la computadora											
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Tabla 12.6
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
• Tipo CSA/ISO III	Ver Figura 12.16 | CSA/ISO Cualidades de la pantalla de la computadora											
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[k]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Tabla 12.6
• Pizarra blanca												
• Analógica o digital												
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.	3:1
· Lectura (con presentador)	Presentador con pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.	3:1
• Xerografía	Copiadora e impresora generada en papel blanco											
• Tipo≥ 8 pt, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos)											
· Color												
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Tabla 12.6
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
Impresión en escala de grises y/o B+N												
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[k]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
ESPACIOS DE APOYO												
• Salas de descanso/comedor	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
• Guardarropas o Guardarropías	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
Salas de fotocopiado/impresión												
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1
• Espacio intersticial[o]	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	3:1
• Armario de conserjería	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
• Instalación de correo												
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.	3:1
• Inspección de seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	ver Tabla 12.6
• Clasificación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1
• Recepción/Envío												
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1
• Recepción/Preparación	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1
• Almacenamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF											
• Equipos		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1
• Artículos voluminosos		K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1
• Artículos medianos		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1
• Artículos pequeños		O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1

Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
BAÑOS/VESTUARIOS											
• Accesorios	Eh @parte superior del accesorio de plomería; Ev @ 3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Casilleros	E_h @piso; E_v @en cara de casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Pasillos de circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Público	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Seguro	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Personal	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores											
• Carga											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Público											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Seguro											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
BAÑOS/VESTUARIOS																		
• Accesorios	Eh @parte superior del accesorio de plomería; Ev @ 3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Casilleros	E_h @piso; E_v @en cara de casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Tocadores	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																		
• Pasillos de circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																	
• Público	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Seguro	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
• Personal	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Ascensores																		
• Carga																		
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
· Umbral																		
· Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Público																		
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
· Umbral																		
· Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Seguro																		
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■			■
· Umbral																		
· Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas (continuación en la página siguiente)

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)										
•Entradas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
Escaleras mecánicas/pasillos móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos y salas de espera											
Circulación, vestíbulos de ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
· General											
En las entradas de los edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe estar diseñada para facilitar la adaptación al pasar del exterior/interior.										
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Control de seguridad											
· Salas privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Vestíbulos públicos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Áreas de lectura/espera	E_h y E_v @2' 6" at sitting areas	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Recepción	Por ejemplo, el registro de visitantes o la asistencia informativa o de orientación.										
· Escritorio	La determinación de la edad puede ser tan o más relevante con respecto a los visitantes que con el personal.										
· Superficie del escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared							ver Tabla 15.2			
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.										
• Actividad alta[m]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					
	ver Tabla 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 31.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 31.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 31.3 | Conversiones Dimensionales del SI.
a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 31.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.
b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.
c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.
d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.
e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.
g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice el control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. Las elevaciones E_h y E_v se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área de cobertura típica es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de la Tarea".

m. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de Nivel de Actividad en Interiores y Exteriores Nocturnas.

Tabla 31.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Diversas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)																	
•Entradas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
Escaleras mecánicas/pasillos móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Vestíbulos y salas de espera																		
Circulación, vestíbulos de ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																	
· General																		
En las entradas de los edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe estar diseñada para facilitar la adaptación al pasar del exterior/interior.																	
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1		■			■
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1					■
· Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		4:1		■			■
• Control de seguridad																		
· Salas privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
· Vestíbulos públicos	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Áreas de lectura/espera	E_h Y E_v @2' 6" at sitting areas	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		4:1		■		■	
• Recepción	Por ejemplo, el registro de visitantes o la asistencia informativa o de orientación.																	
· Escritorio	La determinación de la edad puede ser tan o más relevante con respecto a los visitantes que con el personal.																	
· Superficie del escritorio	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6		■		■	
Pared focal detrás del escritorio	En el plano de la pared			ver Tabla 15.2											■		■	
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, es posible que se considere apropiada una iluminación localizada.																	
• Actividad alta [m]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■

31.2.8.1 CAJEROS AUTOMÁTICOS

Los cajeros automáticos omnipresentes pueden tener suficiente iluminación desde el interior para abordar las tareas visuales. Esta puede ser la forma más eficiente de iluminar el área de tareas (ver Figura 31.1). Si el diseñador determina que la iluminación integral de los cajeros automáticos es insuficiente, entonces se deben tomar previsiones para cumplir con los criterios citados en la Tabla 31.2. En situaciones al aire libre, se citan criterios para la vecindad inmediata y para la cara del dispositivo de transacción. Dependiendo de la naturaleza de la instalación y el grado de seguridad, la construcción de la luminaria puede necesitar ser resistente para soportar la manipulación y el abuso físico. Las lámparas insensibles a golpes repentinos son apropiadas. Los sensores de movimiento en el reloj de control para energizar las luminarias a pedido después del toque de queda deben considerarse independientemente de la zona de iluminación exterior nocturna.

31.2.8.2 VESTÍBULOS BANCARIOS

Los vestíbulos para la banca minorista pueden simplemente comprender una cola, estaciones de cajero para transacciones en efectivo y cheques, y una mesa de transacciones de cortesía. Las tareas visuales no son demasiado complicadas, pero implican un alto grado de precisión. Para las transacciones cara a cara, las iluminancias no necesitan permitir un alto grado de velocidad, aunque el personal del banco y las cámaras de seguridad deben poder evaluar los rasgos faciales y el comportamiento. Véase la Figura 31.2. Las estaciones de cajero pueden estar separadas del vestíbulo bancario con vidrios de seguridad. Esto introduce reflejos velados y, si se utilizan luminarias de altas potencias, con deslumbramiento reflejado, se debe considerar la posibilidad de eliminar o minimizar estos efectos en la zona de transacción del cliente, aunque es poco probable que se puedan abordar para aquellos en la cola. La iluminación indirecta puede minimizar la dureza, aunque es probable que los patrones de reflexión velada sean mayores. Las luminarias directas de baja potencia pueden minimizar la dureza, aunque aumentará la cantidad de patrones de reflexión velada.

En las instalaciones que ofrecen servicios bancarios adicionales, como préstamos y solicitudes y cierres de cuentas, se utilizan estaciones de trabajo adyacentes al vestíbulo o en espacios independientes del vestíbulo. Es necesario que el diseñador revise las tareas de lectura y escritura para establecer los criterios de iluminación recomendados.

31.2.8.3 CENTROS DE PROCESAMIENTO

Los cheques se procesan para el pago entre bancos para cubrir las transacciones de los clientes. Las tareas visuales incluyen descifrar los montos de pago y codificar los cheques en consecuencia. El diseñador debe inspeccionar las tareas en los centros de procesamiento para determinar si predominan el papel o las computadoras. Es posible que sea necesario revisar los criterios de iluminancia para abordar las respectivas tareas de lectura y escritura.

31.2.8.4 CAJAS DE SEGURIDAD

La iluminación aquí debe abordar la cara vertical de las cajas de depósito para permitir la identificación de la caja. Las mesas de inspección deben estar iluminadas para permitir una revisión conveniente del contenido de la caja.

31.2.8.5 COMERCIO

Algunas instalaciones financieras participan en el comercio de materias primas, acciones u otros activos. La tarea de comercio generalmente incluye la interacción con computadoras, otras personas y papel. Esto puede ser a escala de una o varias estaciones de trabajo o pisos completos del edificio. Los criterios de iluminancia predeterminados citados en la Tabla 31.2 se adaptan a la mayoría de las tareas en papel y las tareas con computadora. Sin embargo, si los estudios de programación o de tareas revelan detalles específicos de las tareas, el diseñador debe establecer criterios de iluminación basados en las tareas específicas de lectura y escritura utilizando las citas de tareas de LECTURA Y ESCRITURA en la Tabla 31.2. Consulte la Figura 31.3.

31.2.9 La Iluminación de TI

Para Instalaciones de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

Cuadro **31.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.



FIGURA 31.1 | CAJEROS AUTOMÁTICOS
La iluminación eléctrica integrada puede satisfacer los criterios de iluminancia para las tareas visuales en el Cajero Automático cuando la luz natural es insuficiente. Si no hay iluminación integrada o si es insuficiente, entonces el diseño de la iluminación debe abordar los criterios de la Tabla 31.2.

» Imagen ©Ocean/Corbis

IESH/10e CSA/ISO

> 12.5 FACTORES DE TAREA

• para obtener información sobre las calidades de la pantalla de la computadora CSA/ISO



FIGURA 31.2 | VESTÍBULO DE UN BANCO MINORISTA

Una disposición regular de luces empotradas proporciona una iluminación horizontal y vertical uniforme en todo el espacio del vestíbulo. La uniformidad es importante para la evaluación visual de los rostros en todo el espacio. Acentuar la pared detrás de las estaciones de cajeros introduce una sensación de amplitud (ver Tabla 12.2 | Impresiones subjetivas) y contribuye a la definición espacial (ver Tabla 12.1 b | Factores Espaciales: Parte dos). La disposición regular de luces empotradas y la ranura lineal única en la pared contribuyen a la comodidad (ver Tabla 12.1a | Factores espaciales: Parte uno).

» Imagen ©Peter Foley/epa/Corbis

31.2.10 INSTALACIONES MUNICIPALES

Las instalaciones municipales incluyen ayuntamientos, centros de llamadas de emergencia, estaciones de bomberos y comisarías de policía. Las que se utilizan para llamadas de emergencia, bomberos y policía exigen una iluminación eficiente y eficaz para facilitar el desempeño de las tareas críticas. Sin embargo, la iluminación de estas instalaciones también puede afectar el orgullo cívico. Acentuar el arte comunitario, luminancias bien controladas, disposición ordenada del equipo de iluminación, acentuación de la forma espacial y luminarias bien mantenidas pueden ayudar a definir un lugar de orgullo. Algunas de estas tareas y aplicaciones requerirán un funcionamiento continuo para la seguridad pública, la gestión de emergencias, la seguridad nacional o la continuidad empresarial y, por lo tanto, se emplearán sistemas de energía de operaciones críticas (COPS) como parte del diseño eléctrico [3]. Si el diseñador de iluminación es alguien distinto al ingeniero eléctrico, será necesaria una estrecha coordinación entre el diseñador y el ingeniero para determinar la necesidad de cualquier zonificación de control especial, lámparas de encendido instantáneo y cableado de luminarias específicas o detalles de balasto que afecten el diseño y la especificación de la iluminación.

31.2.10.1 AYUNTAMIENTOS

Estas instalaciones albergan principalmente espacio administrativo. Consulte el Capítulo 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES para obtener información y criterios sobre los espacios administrativos. Los ayuntamientos también incluyen cámaras del consejo. Como sede del gobierno local, las cámaras deben tener un sistema de iluminación flexible para acomodar presentaciones, deliberaciones y foros. Los garajes también son parte de las instalaciones de la ciudad, aunque estos suelen estar en algún lugar alejado del ayuntamiento propiamente dicho.

31.2.10.2 CENTROS DE LLAMADAS DE EMERGENCIA

Los centros de llamadas deben programarse cuidadosamente y diseñarse en consecuencia. Las tareas visuales y el grado de multitarea deben usarse para identificar la tarea más común o más crítica y los criterios de iluminancia establecidos en consecuencia.

31.2.10.3 ESTACIONES DE BOMBEROS

Las estaciones pequeñas de voluntarios o aquellas dotadas de bomberos de guardia pueden incluir bahías de aparatos con almacenamiento de equipo de protección perimetral y no mucho más. Los diseños de luminarias y ópticas deben acomodar el equipo grande. Consulte la Figura 31.4. Las estaciones más grandes pueden incluir cuartos de estar, una cocina, una torre de mangueras y otros espacios necesarios para la autosuficiencia.

Las áreas exteriores de mantenimiento y preparación pueden ser parte del sitio de una estación. Si se considera necesaria la iluminación para estas áreas para el funcionamiento nocturno, consulte 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. El diseñador también puede necesitar determinar los criterios de iluminancia en función de las actividades programadas y las categorías de la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados.

31.2.10.4 COMISARÍAS DE POLICÍA

Las comisarías de policía pueden ser pequeñas comisarías que constan de un mostrador comunitario y algunas oficinas y espacios de apoyo a grandes instalaciones centrales. Las instalaciones más grandes pueden incluir celdas de detención. El movimiento seguro de los detenidos se facilita mediante una puerta de salida donde los vehículos seguros tienen acceso a entradas seguras. Las puertas de salida suelen ser cocheras o garajes completamente cerrados. La iluminación cumple una función de adaptación a medida que los vehículos se mueven del exterior al interior y viceversa y como función de seguridad. Aunque la iluminación natural se puede utilizar para limitar el uso de energía, su aplicación debe hacerse con mucho cuidado. Los medios de iluminación diurna deben ser seguros contra la intrusión de personas o disparos y deben evitar situaciones de visión directa desde cualquier punto de observación fuera de la ventana de salida para limitar la identificación y el seguimiento de quienes se encuentran dentro.

31.2.11 LA ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTO

Para las instalaciones de estacionamiento se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. En situaciones de estacionamiento seguro, la iluminación debe adaptarse a los requisitos de cámaras y vigilancia.

31.2.12 VÍAS PEATONALES

La iluminación de las vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. En situaciones de vías peatonales seguras, la iluminación debe adaptarse a los requisitos de cámaras y vigilancia.

31.2.13 OFICINAS DE CORREOS

Según el tamaño y el tipo de la instalación postal, las aplicaciones pueden incluir un vestíbulo para el consumidor, buzones para recoger el correo, un centro de procesamiento y envío/recepción. El vestíbulo para el consumidor puede constar de una o varias ventanillas postales y mesas para escribir. Los buzones pueden estar alineados en una o varias paredes del vestíbulo o, en instalaciones más grandes, pueden requerir una o más salas separadas. La iluminación debe abordar la cara vertical de la pared o las paredes de los buzones.



FIGURA 31.3 | SALA DE OPERACIONES Las luminarias colgantes lineales indirectas/directas proporcionan iluminación general en toda esta sala de operaciones para facilitar las tareas de papeleo, trabajo con la computadora y modelado facial. La relativa suavidad de la iluminación indirecta no produce reflejos veladores en los monitores CSA/ISO Tipo I y II en polaridad positiva o negativa en la orientación casi vertical. Sin embargo, las pantallas en la orientación casi horizontal muestran reflejos veladores. » Imagen ©James Leynse/Corbis

El centro de procesamiento incluye la lectura, codificación y clasificación. Un área de seguridad puede incluir equipo de escaneo con imágenes de video. También debe acomodarse la inspección visual. En instalaciones más grandes, se utiliza equipo automatizado para leer las direcciones de los sobres y clasificar el correo en consecuencia.

31.2.14 ESPACIOS DE APOYO

La iluminación para los espacios de apoyo se aborda brevemente en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Los guardarropas y los centros de fotocopias se consideran espacios de apoyo, aunque pueden estar descentralizados según el tipo de instalación. Por ejemplo, una cámara de jueces puede necesitar tanto un guardarropa como un centro de fotocopias para abordar el volumen de uso y los requisitos de seguridad que ofrecen las instalaciones en suite.

Las salas de correo en instalaciones financieras y municipales pueden ser relativamente pequeñas, pero es probable que se necesite un área e iluminación para abordar la clasificación y la inspección de seguridad. Si la inspección es una parte inherente de la clasificación, entonces los criterios de inspección de seguridad deben aplicarse en todas las áreas de trabajo de la sala de correo.

31.2.15 BAÑOS/VESTUARIOS

La mejor manera de abordar los baños es resaltar áreas de tareas específicas. Esto ofrece eficiencia energética y al mismo tiempo cumple con los diferentes criterios de iluminación involucrados. Resaltar los inodoros, urinarios y tocadores ofrece una apariencia más limpia y nítida que la neblina de la iluminación difusa general. Las posiciones del tocador requieren iluminación vertical en un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros a la altura de estar de pie o sentado) frente al espejo. Consulte la Figura 22.7 para conocer varios métodos de iluminación de tocador para instalaciones de baño no seguras. El color de la luz es importante para el aseo. Las lámparas que exhiben CCT de 2700 K a 3500 K y CRI $\geq$ 82, utilizando CFL trifósforo como referencia, son apropiadas.

31.2.16 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La forma en que se diseñan e iluminan los espacios de transición de recepción en muchas aplicaciones define el lugar y da la bienvenida a los empleados e invitados. Estos espacios son transiciones del exterior al interior y viceversa o de un tipo de espacio interior a otro. Los criterios y acentos de iluminación son un aspecto importante para lograr transiciones cómodas y seguras. Los espacios públicos en algunas instalaciones financieras y municipales pueden tener una secuencia particular de paso, ser de naturaleza ceremonial o de especial importancia. Para cumplir adecuadamente estas funciones, las impresiones subjetivas descritas en la Tabla 12.2 deben guiar la aplicación de los efectos de iluminación. Las iluminancias asociadas con las obras de arte y las características que ayudan con estas impresiones subjetivas se describen en la Tabla 31.2.

Las áreas de control de seguridad en espacios públicos, como vestíbulos, requieren una iluminación horizontal y vertical adicional en relación con la iluminación de fondo necesaria para el funcionamiento normal del espacio. Véase la Figura 25.1. Cuando los procedimientos de seguridad especiales exigen un control privado, los criterios de iluminación horizontal y vertical deben adaptarse a la situación. Las iluminancias y la ubicación de los equipos de iluminación y las distribuciones de luz deben coordinarse con las cámaras de seguridad. Los controles para estas salas pueden centralizarse deliberadamente o limitarse a sensores de movimiento. El diseñador debe coordinar los requisitos con el consultor de seguridad.

Para lograr una coherencia visual y facilitar el mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.



FIGURA 31.4 | BAHÍAS DE APARATOS
Las luminarias empotradas lineales están dispuestas de modo que algunas filas se ubiquen entre los vehículos para iluminar mejor los costados de los vehículos y el interior de los compartimentos de los mismos. Según el tipo de puerta de garaje, esta disposición también minimiza las sombras que generan las puertas basculantes. » Imagen ©Ocean/Corbis

31.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se incluyen notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 31.2.

31.3.1 APLICACIONES Y TAREAS.

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 31.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado realizar referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para los tipos de

espacios o funciones cambian para adaptarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 36.2 para determinar si alguna aplicación o tarea presenta un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

31.3.2 NOTAS

Las notas de la Tabla 31.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

31.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea posible y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere adecuada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en que se deba realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas del grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que la limpieza y el cambio de lámparas del grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de la Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se presume que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lúmenes que certifique el proveedor del LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento del Lúmen.

Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 31.2 deben hacerse a 1 fc a 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos

los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, típicamente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para las paredes de exhibición perimetral en una sala de jurados de juicio, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las inmediaciones o de cualquier iluminancia resultante de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

En algunas situaciones, no se prevé luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o que se recomienda luz cero para la tarea o aplicación.

31.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar el objetivo de iluminancia en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (E_h) y un componente de iluminancia vertical (E_v). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea.

Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planares, esto se indica en "Notas". Tenga en cuenta la implicación para las edades visuales de los observadores. Es necesario establecer y rastrear las orientaciones de la tarea y abordar la iluminancia horizontal y vertical. Si las orientaciones en el proyecto en consideración están programadas para invertirse con respecto a lo que podría considerarse una visualización normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, digamos, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de apuntado y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en "Notas". Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales pueden orientarse en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación.

31.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el cliente. Puede determinarse que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto al que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede dar como resultado una iluminación excesiva, insuficiente, intensa, desagradable o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como las presentaciones AV de proyección frontal, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la pantalla para maximizar la visibilidad para todos los grupos de edad y, por lo tanto, no está vinculada a las edades de los observadores.

31.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Se muestran en la Tabla 31.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

31.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se controlan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande.

En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. Se puede aceptar una tolerancia de ingeniería estándar de ±10 % para los objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o de código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones se encuentren dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

31.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar incomodidad visual, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para iluminancia horizontal (E_h). Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente sea la tarea visual, más ajustada será la relación.

31.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada de iluminancia máxima a la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

31.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

31.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

31.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

Generalmente, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación gradual o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Sin embargo, esto puede no ser práctico o apropiado en las cámaras del consejo o en los pisos de negociación a menos que se utilice la atenuación continua en tasas de respuesta lentas. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad.

lESH/10e CSA/ISO

> 12,5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las calidades de la pantalla de la computadora CSA/ISO

31.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como las computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o las tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambas, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican una probabilidad cierta; y todo blanco indica una probabilidad baja o nula. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y la dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden filtrar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. Abordar las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones de Luminancia e Intensidad de Luminaria Predeterminadas para Aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos veladores, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

31.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de la tarea, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican las áreas típicas de cobertura de iluminancia de la tarea, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyecto específicas. Un área de cobertura es "tarea propiamente dicha o área de tarea". Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte

12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea. En algunas situaciones, como el acento, el área de "tarea" puede consistir en toda la pared cuando se desea un acento de "pared característica" o "perímetro". Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de la tarea cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 31.2.

Otra área de cobertura es la “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada se establece típicamente por la disposición del mobiliario, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 31.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” resultaría en cierta cantidad de reducción de LPD en comparación con la cobertura de “sala o área designada”. Si la tarea se puede limitar a un área en lugar de a múltiples áreas, si la sala o área en la que se ubica la tarea es en sí relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito. Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

31.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para las instalaciones diversas citadas y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Es posible que las estrategias de selección y ubicación de los equipos deban abordar la posibilidad de abuso de los equipos de iluminación. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y los balastos, los transformadores y los controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, pero no se limitan a:

• diseñar para la satisfacción de los observadores de importancia que se pretende que utilicen el proyecto

• usar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de techos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción, mantenimiento y orientados al trabajo

• usar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia • usar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y salida

• usar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos, de abuso y de luminancia

• usar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario
• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes de tiempo astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan simplemente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la disposición posterior por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los observadores de importancia es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Aquí, el diseñador debe establecer los observadores importantes y sus requisitos de iluminación relacionados. Si no se cumplen las expectativas de los observadores, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la Tierra se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto, ni cuánto valor de ingeniería se ahorró, ni las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir las aportaciones del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

LESH/10e RECURSOS DE ECONOMÍA

> 15.3.3 Presupuestos

• para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para más información sobre estimación de costos

• para más información sobre costos del ciclo de vida

• para más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva construcción

• para más información sobre diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y estándares de iluminación

• para más información sobre estándares de aplicación

• para más información sobre regulaciones de equipos

IESH/10e RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

> 12.5.5.6 Iluminancias exteriores nocturnas

• para más información sobre eficacias de lámparas bajo adaptación mesópica

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre criterios

LESH/10e RECURSOS DE SUSTENTABILIDAD

> 13.11 Sustentabilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SUSTENTABILIDAD

• para más información sobre controles

• para más información sobre recursos de la tierra

• para más información sobre energía

• para más información sobre análisis del ciclo de vida

• para más información sobre diseño de iluminación

• para más información sobre reciclaje

31.5 REFERENCIAS

[1] Immanuel Kant. WorldofQuotes.com. 2011 [Internet]. [cited April 9, 2001]. Available from: http://www.worldofquotes.com/topic/Miscellaneous/19/index.html.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA.

[3] [NFPA] National Fire Protection Association. 2001. Article 708. In: NFPA 70 National Electrical Code. 12th Edition. Quincy: NFPA.


www.jmaconochie.com

32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS

La mejor visión es la perspicacia. Malcolm S. Forbes, editor del siglo XX

CONTENIDO

La iluminación es más eficiente y sostenible cuando se reconoce lo que puede lograr y luego se aprovecha para obtener el máximo beneficio. La figura 32.1 muestra los costos de iluminación anuales típicos que son sólo una pequeña fracción de los costos de las personas y los bienes raíces necesarios para las operaciones de oficina [1]. El verdadero resultado final no está en asegurar una iluminación rápida y barata durante el período relativamente corto del proyecto, sino el aprovechamiento del equipo de iluminación y sus efectos y valor energético para maximizar la comodidad, la productividad y la retención de los trabajadores durante la vida útil del sistema. La iluminación de alta calidad, visualmente eficaz y atractiva, proporciona el mejor valor para los empleados, el medio ambiente y la operación. La iluminación eléctrica representa aproximadamente el 39% de la electricidad utilizada en las oficinas [2]. La Figura 32.2 muestra el desglose del uso de electricidad en las oficinas. Esto equivale a 82 TWh para iluminación, lo que representa una reducción de aproximadamente el 5% desde 1995, mientras que el uso total de electricidad en las oficinas aumentó en más del 25%. La necesidad de diseñar y especificar una iluminación eficiente y bien controlada sigue siendo importante, si no una prioridad. Sin embargo, tiene poco sentido diseñar y especificar una iluminación que sea tan escasa en energía y tan confusamente controlada (o no esté en absoluto) que los ocupantes no puedan ver bien o que la calidad de la iluminación sea tan mala que pocas personas estén dispuestas y/o sean capaces de adaptarse al entorno prescrito. La iluminación natural y las vistas son fundamentales para reducir simultáneamente el consumo de energía y atraer y retener una fuerza laboral productiva. A continuación se presenta un análisis de los aspectos clave que afectan a la iluminación: estado del proyecto; tipos de espacios; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia en instalaciones de oficinas. Los esfuerzos de diseño integrales se basan en el material de este capítulo combinado con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar los objetivos y las estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los aspectos específicos relacionados con la iluminación para oficinas que deben influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (consulte 15.2 Un esquema de iluminación). El uso del

material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con IES sirven como fuentes de archivo y referencia [3] [4].

Se debe pensar deliberadamente en detalles que van más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, el descanso visual periódico de muchas de las tareas habituales de lectura y escritura es adecuado y, por lo general, no se puede lograr simplemente basándose en criterios de iluminancia de la tarea o la aplicación. Es conveniente acentuar obras de arte o características arquitectónicas o proporcionar vistas exteriores. Tales situaciones deben estudiarse cuidadosamente antes de recomendar soluciones, en particular aquellas soluciones que parecen obvias. Este tipo de detalles específicos no se enumeran para la mayoría de las tareas. La Tabla 32.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes y reemplazar los criterios IES. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

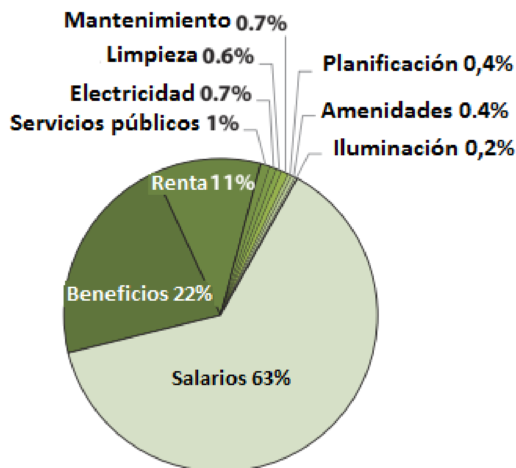


Figura 32.1 | Costos de Oficina
Costos anuales promedio asociados con el funcionamiento de una oficina.

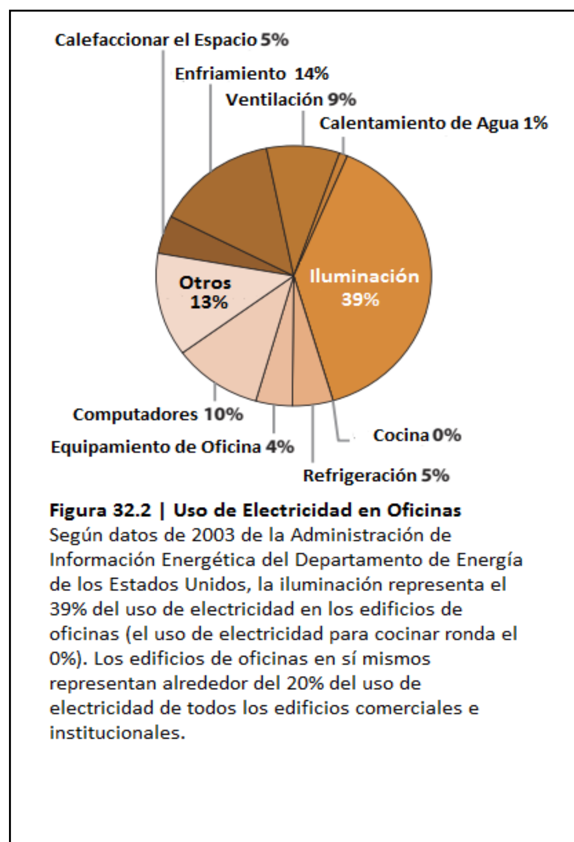


Figura 32.2 | Uso de Electricidad en Oficinas
Según datos de 2003 de la Administración de Información Energética del Departamento de Energía de los Estados Unidos, la iluminación representa el 39% del uso de electricidad en los edificios de oficinas (el uso de electricidad para cocinar ronda el 0%). Los edificios de oficinas en sí mismos representan alrededor del 20% del uso de electricidad de todos los edificios comerciales e institucionales.

32.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener muy en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Dado el horario de funcionamiento de muchas instalaciones de oficinas, la iluminación natural puede ser una fuente de luz primaria. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige una atención determinada para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

32.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y operación, se realiza un inventario de los tipos de espacios de oficina bajo consideración y los ocupantes, funciones y tareas anticipadas (ver Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y Tabla 12.3 | Encuesta de Tareas Visuales de Muestra). De lo contrario, la iluminación no puede orientarse mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de tipo de espacio se requieren al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los conocimientos del proyecto, las funciones y tareas anticipadas y el cálculo del cumplimiento de la iluminación, la potencia y la energía. Los nombres de las habitaciones y los nombres de los departamentos en áreas abiertas grandes de las que se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben marcarse claramente en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia de Instalaciones de Oficina deben revisarse contra los conocimientos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaración con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de las salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 32.2.

Las siguientes secciones están relacionadas con los principales encabezados de aplicaciones y tareas de la Tabla 32.2. Estas discusiones, las resaltadas en la Tabla 32.1 y el material de la Tabla 32.2 ofrecen criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

32.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta las percepciones de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la señalización. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación de acento.

32.2.2 ADMINISTRACIÓN

Las funciones administrativas en muchos proyectos incluyen típicamente circulación, conferencias, asesoramiento, salas de estar, archivo o registros, entrevistas, vestíbulos, clasificación de correo y despacho. Estas funciones constituyen la mayoría de las instalaciones de oficina. Cada una de estas funciones a su vez puede involucrar una serie de detalles específicos que incluyen alguna forma o grado de reconocimiento, conversación, lectura, períodos de respiro o relajación y escritura. El reconocimiento de otras personas y la conversación, por ejemplo, requieren cierta iluminación vertical a la altura de la cara (sentado o de pie dependiendo de la naturaleza de la aplicación). Se citan criterios de iluminación vertical para tales aplicaciones.

El esquema arquitectónico e incluso los detalles de la tarea variarán según la función y el tipo de instalación asociada, desde seguros hasta banca, fabricación, publicidad, desarrollo de programa o equipo electrónico, etc. Estas variaciones deben afectar el diseño de iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias.

Las áreas administrativas pueden estar dispersas en una instalación o complejo o pueden estar centralizadas en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y de los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas es compatible o diferente al de otras aplicaciones.

Véase también 32.2.8 Oficinas.

Tabla 32.1 | Lista de verificación de Iluminación de Oficinas

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 32.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 32.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 32.2
Este Capítulo: Cuadro 32.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

32.2.3 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Para las entradas a edificios de oficinas, varias variables distintivas son el momento de la necesidad, los niveles previstos de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna. Los niveles de actividad nocturna pueden variar según el tipo de instalación de oficina, como un centro de llamadas con varios cambios de turnos nocturnos, y según el tamaño. Esto puede ser mejor atendido por un sistema de control capaz de abordar varias configuraciones en varios momentos de la noche mediante intervención manual, reloj de control automático y funciones de fotocélula. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación establece las categorías de iluminación para tareas al aire libre. Las zonas de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar del equipo. Las necesidades de seguridad fuera del horario laboral, como el monitoreo o la grabación en el sitio o remotos, pueden requerir que algunas luminarias en las entradas de los edificios permanezcan energizadas durante la noche o se coloquen en sensores de movimiento o se interconecten con operaciones de cámara. Las zonas de control y las funciones del reloj de control deben diseñarse en consecuencia. Cuando la monitorización remota se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede resultar innecesaria.

32.2.4 CONFERENCIAS

Las conferencias abarcan desde funciones muy simples de un solo propósito (por ejemplo, reunirse para debatir) hasta tareas multipropósito bastante complejas (por ejemplo, reunirse para debatir, presentar, elaborar estrategias y aprender, o realizar una videoconferencia con otros). La iluminación se ve influida en consecuencia y también por la formalidad del entorno. Cuando las presentaciones son habituales, como una sala de juntas o una sala de reuniones, y donde los participantes pueden ser dos docenas, la iluminación debe ayudar a definir la formalidad y los aspectos procedimentales de la reunión. Es adecuado acentuar las posiciones de los presentadores. Algunas configuraciones de conferencias logran un equilibrio. En estas situaciones, las presentaciones son habituales, pero están pensadas como una situación de aprendizaje de reflexión y debate en grupo. Aquí, aunque las superficies de presentación todavía están acentuadas, es posible que los presentadores no estén iluminados. En espacios más grandes, se utilizan ajustes preestablecidos de iluminación para responder a las configuraciones y funciones de la sala. La Figura 32.3 ilustra una sala de formación. La Figura 32.4 ilustra una sala de conferencias tradicional. La figura 32.5 ilustra salas de reuniones. Aunque las iluminancias son bastante similares en los ejemplos, las resoluciones varían según las condiciones del cielorraso, los estilos arquitectónicos y los requisitos y prioridades de programación, como la flexibilidad, la eficiencia, el equipo y los costos de instalación. Consulte también las figuras 15.5d, 15.16 y 22.5.

Los criterios de videoconferencia están directamente relacionados con la tecnología de la cámara y las expectativas del usuario. Las iluminancias verticales y los criterios de uniformidad en las superficies de las caras y las paredes de fondo son los más importantes. Coordine los criterios de iluminancia con los últimos requisitos de la cámara. La telepresencia es una variación de la videoconferencia. Las configuraciones portátiles de cámara y monitor todo en uno, desde uno hasta varios monitores, ofrecen videoconferencia en configuraciones no dedicadas. Se deben utilizar controles preestablecidos para alternar de manera conveniente y consistente entre las funciones típicas de conferencia y la videoconferencia.

32.2.5 DISEÑO Y DIBUJO

Las tareas de diseño y dibujo generalmente implican leer pantallas de computadora, escribir en pantallas de computadora y hacer referencia periódica a un teclado u otro dispositivo interactivo y, en algunas situaciones, documentos en papel. La programación debe identificar los tipos de pantallas de computadora y la naturaleza de la tarea de diseño asistido por ordenador (CAD). El diseñador debe revisar las distintas tareas de lectura y escritura identificadas en la Tabla 32.2 y establecer cuáles son las adecuadas para el proyecto en cuestión. En algunas situaciones, un conjunto de criterios de iluminancia podría abordar adecuadamente una tarea. Por ejemplo, cuando se hace poca referencia, si es que se hace

alguna, a documentos en papel, se considera una tarea exclusiva de CAD. El tipo de pantalla de ordenador y sus ajustes de contraste determinan el grado de sensibilidad a la luz y la necesidad de luz. Véase la Figura 12.16 | Calidades de Pantalla de Ordenador CSA/ISO.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	**La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.**										
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
•Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
•Conferencias	Ver CONFERENCIAS										
•Sala de fotocopias e impresión	Ver ESPACIOS DE SOPORTE										
•Asesoramiento	Ver ADMINISTRACIÓN/Entrevistas										
•Archivado	E_h @2' 6" AFF; E_v en la cara frontal del archivador sobre el área desde 1' AFF hasta la parte superior del archivador o sistema de archivo.										
• Constante		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Intermitente		N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Rara vez		M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Entrevistas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF										
• Conversacional		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Formal	Incluye llenado y lectura de formularios.	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Vestíbulos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN										
• Clasificación de correo	Ver ESPACIOS DE SOPORTE/Instalaciones de Correo										
•Oficinas	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar según la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo requieren.										
• Capacitación	Véase CONFERENCIAS. Alternativamente, consulte LECTURA y ESCRITURA, establezca tareas y normalice la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminación si las tareas así lo exigen.										
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CONFERENCIAS											
•Reunión	Toma de notas periódica, lectura y detalles faciales.										
• Discurso	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Superficies de presentación	Tableros de carteles verticales, tableros de presentación, superficies para tachuelas						M	50	100	200	Prom.
· Pizarrones blancos											
· Analógicos o digitales											
Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 32.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 32.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 32.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 32.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 32.2 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de esto, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área típica de cobertura es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de Tareas".

j. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de niveles de actividad en Interiores y Exteriores Nocturnos.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	**La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.**																	
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
•Circulación	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																	
•Conferencias	Ver CONFERENCIAS																	
•Sala de fotocopias e impresión	Ver ESPACIOS DE SOPORTE																	
•Asesoramiento	Ver ADMINISTRACIÓN/Entrevistas																	
•Archivado	E_h @2' 6" AFF; E_v en la cara frontal del archivador sobre el área desde 1' AFF hasta la parte superior del archivador o sistema de archivo.																	
• Constante		P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.		ver Tabla 12.6					
• Intermitente		N	75	150	300	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Rara vez		M	50	100	200	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1					
•Entrevistas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF																	
• Conversacional		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1					
• Formal	Incluye llenado y lectura de formularios.	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1					
•Vestíbulos	Ver ESPACIOS DE TRANSICIÓN																	
•Clasificación de correo	Ver ESPACIOS DE SOPORTE/Instalaciones de Correo																	
•Oficinas	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar según la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo requieren.																	
• Capacitación	Véase CONFERENCIAS. Alternativamente, consulte LECTURA y ESCRITURA, establezca tareas y normalice la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de iluminación si las tareas así lo exigen.																	
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
CONFERENCIAS																		
•Reunión	Toma de notas periódica, lectura y detalles faciales.																	
• Discurso	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6					
• Superficies de presentación	Tableros de carteles verticales, tableros de presentación, superficies para tachuelas						M	50	100	200	Prom.		3:1					
• Pizarrones blancos																		
• Analógicos o digitales																		
Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.		3:1					

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
CONFERENCIAS	(Continúa Reuniones)										
• Presentaciones											
• Oratoria formal											
• AV	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Max
• No AV											
Superficies de presentación	Tableros de carteles verticales, tableros de presentación, superficies para tachuelas						M	50	100	200	Prom.
Informes, folletos	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar según la iluminancia de la tarea más importante o la use tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo requieren.										
• Pizarras blancas											
• Analógicas o digitales											
Lectura (presentación)	Uso interactivo como parte de una presentación formal						P	150	300	600	Prom.
• Presentador	En un podio o posición fija de presentación										
Cara	E_v @5' AFF						Prom. ≥1 veces pero ≤ 3 veces la tarea de la audiencia E_h				
Superficie de trabajo	E_h @3' 6" AFF	Prom. ≥1 veces pero ≤ 3 veces la tarea de la audiencia E_h									
•Telepresencia	Consulte CONFERENCIAS/Videoconferencias.										
•Videoconferencias	Coordine los criterios de iluminación con los requisitos de la cámara y la pantalla. Cuando las tecnologías de la cámara y la pantalla permitan criterios inferiores a los que se informan aquí, utilice los criterios inferiores para reducir la fatiga visual y la incomodidad que son comunes bajo iluminancias verticales relativamente altas durante períodos prolongados de actividad sedentaria. Aborde las citas de criterios para las reflectancias de las mesas y las paredes. Consulte IES DG-17 Fundamentos de la iluminación para videoconferencias para obtener información adicional.										
• Pantallas											
Proyección en pantalla frontal	Sobre la superficie frontal de la pantalla							50	50	50	Max
Proyección en pantalla trasera	Sobre la superficie frontal de la pantalla							150	150	150	Max
Pantallas o monitores de video	Sobre la superficie frontal del visor							200	200	200	Max
• Caras	E_h @4' AFF; E_v @3'-5' AFF en dirección(es) de la cámara(s)		300	300	300	Prom.		400	400	400	Prom.
• Mesas	Se recomienda una reflectancia de superficie mate del 40 % para la mesa. Las recomendaciones de iluminancia permiten la lectura intermitente de materiales de referencia que consisten en tareas en papel y pantallas de computadora con polaridad positiva CSA/ISO Tipos I y II. Consulte LECTURA Y ESCRITURA si se deben utilizar otros materiales de referencia.										
• Reflectancia mate del 40 %	E_h @2' 6" AFF		300	300	300	Prom.					
• Paredes	Se recomiendan superficies reflectantes mate para las paredes.										
• Reflectancia mate del 40 %	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							400	400	400	Prom.
• Reflectancia mate del 50 %	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							300	300	300	Prom.
• Reflectancia mate del 60 %	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							200	200	200	Prom.
REDACCIÓN Y DISEÑO											
• Planos de línea azul o de fondo azul	Véase también LECTURA Y ESCRITURA/Xerografía	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•CAD (exclusivamente)	Consulte LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y teclado de VDT										
• CAD/Papel mixto	Consulte LECTURA Y ESCRITURA, establezca tareas y normalice los controles para proporcionar variabilidad de iluminación si las tareas así lo exigen; utilice la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										
SERVICIO DE ALIMENTOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
TI	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
3:1						
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
2:1						
2:1						
2:1						
	1.5:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	ver Tabla 12.6					

Notas para la Tabla 32.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 32.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 32.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 32.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 32.2 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de esto, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área típica de cobertura es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de Tareas".

j. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de niveles de actividad en Interiores y Exteriores Nocturnos.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CONFERENCIAS	(Continúa Reuniones)																	
• Presentaciones																		
• Oratoria formal																		
• AV	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Max	3:1						■
• No AV																		
Superficies de presentación	Tableros de carteles verticales, tableros de presentación, superficies para tachuelas						M	50	100	200	Prom.		3:1		■	■	■	
Informes, folletos	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar según la iluminancia de la tarea más importante o la use tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo requieren.																	
• Pizarras blancas																		
• Analógicas o digitales																		
Lectura (presentación)	Uso interactivo como parte de una presentación formal						P	150	300	600	Prom.		3:1		■	■	■	
• Presentador	En un podio o posición fija de presentación																	
Cara	E_v @5' AFF						Prom. ≥1 veces pero ≤ 3 veces la tarea de la audiencia E_h						3:1		■		■	
Superficie de trabajo	E_h @3' 6" AFF	Prom. ≥1 veces pero ≤ 3 veces la tarea de la audiencia E_h											2:1		■		■	
•Telepresencia	Consulte CONFERENCIAS/Videoconferencias.																	
•Videoconferencias	Coordine los criterios de iluminación con los requisitos de la cámara y la pantalla. Cuando las tecnologías de la cámara y la pantalla permitan criterios inferiores a los que se informan aquí, utilice los criterios inferiores para reducir la fatiga visual y la incomodidad que son comunes bajo iluminancias verticales relativamente altas durante períodos prolongados de actividad sedentaria. Aborde las citas de criterios para las reflectancias de las mesas y las paredes. Consulte IES DG-17 Fundamentos de la iluminación para videoconferencias para obtener información adicional.																	
• Pantallas																		
Proyección en pantalla frontal	Sobre la superficie frontal de la pantalla							50	50	50	Max	2:1				■	■	
Proyección en pantalla trasera	Sobre la superficie frontal de la pantalla							150	150	150	Max	2:1				■	■	
Pantallas o monitores de video	Sobre la superficie frontal del visor							200	200	200	Max	2:1				■	■	
• Caras	E_h @4' AFF; E_v @3'-5' AFF en dirección(es) de la cámara(s)		300	300	300	Prom.		400	400	400	Prom.		1.5:1				■	
• Mesas	Se recomienda una reflectancia de superficie mate del 40 % para la mesa. Las recomendaciones de iluminancia permiten la lectura intermitente de materiales de referencia que consisten en tareas en papel y pantallas de computadora con polaridad positiva CSA/ISO Tipos I y II. Consulte LECTURA Y ESCRITURA si se deben utilizar otros materiales de referencia.																	
• Reflectancia mate del 40 %	E_h @2' 6" AFF		300	300	300	Prom.							1.5:1				■	
• Paredes	Se recomiendan superficies reflectantes mate para las paredes.																	
• Reflectancia mate del 40 %	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							400	400	400	Prom.		1.5:1				■	
• Reflectancia mate del 50 %	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							300	300	300	Prom.		1.5:1				■	
• Reflectancia mate del 60 %	E_v @2' 6"-6' 6" AFF							200	200	200	Prom.		1.5:1				■	
REDACCIÓN Y DISEÑO																		
• Planos de línea azul o de fondo azul	Véase también LECTURA Y ESCRITURA/Xerografía	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6		■		■	
•CAD (exclusivamente)	Consulte LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y teclado de VDT																	
• CAD/Papel mixto	Consulte LECTURA Y ESCRITURA, establezca tareas y normalice los controles para proporcionar variabilidad de iluminación si las tareas así lo exigen; utilice la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.																	
SERVICIO DE ALIMENTOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
TI	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
OFICINAS	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar los controles para proporcionar variabilidad de iluminación si las tareas así lo exigen; utilizar la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común.										; use
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
CAMINOS PEATONALES	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
LECTURA Y ESCRITURA											
•Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Lectores electrónicos											
Dispositivos de tinta electrónica	E_h y E_v @altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Facsímil											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Trabajo manuscrito	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario										
• Lápiz											
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Bolígrafo/Punta rodante/Fibra											
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo, verde, azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
•Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Microformas (proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Medios impresos	Generado por prensa de impresión digital, papel blanco										
• Fuente de 6 pt											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fuente de 8 y 10 pt											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Fuente de 12 pt											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantalla y teclado VDT											
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.161 Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO										
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.161 Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO										
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pizarra blanca											
• Analógica o digital											
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.
· Lectura (con presentador)	Presentador en pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 32.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 32.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 32.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 32.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 32.2 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de esto, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área típica de cobertura es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de Tareas".

j. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de niveles de actividad en Interiores y Exteriores Nocturnos.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min
OFICINAS	Ver LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar los controles para proporcionar variabilidad de iluminación si las tareas así lo exigen; utilizar la iluminación de la tarea más importante o la tarea más común. ç use											
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES											
CAMINOS PEATONALES	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES											
LECTURA Y ESCRITURA												
•Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT											
• Lectores electrónicos												
Dispositivos de tinta electrónica	E_h y E_v @altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1
•Facsímil												
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Tabla 12.6
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
• Trabajo manuscrito	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario											
• Lápiz												
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Tabla 12.6
•Bolígrafo/Punta rodante/Fibra												
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
· Rojo, verde, azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
•Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT											
• Microformas (proyectadas)		L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Tabla 12.6
• Medios impresos	Generado por prensa de impresión digital, papel blanco											
• Fuente de 6 pt												
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6
• Fuente de 8 y 10 pt												
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
• Fuente de 12 pt												
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
• Pantalla y teclado VDT												
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.161 Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO											
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Tabla 12.6
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
•CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.161 Calidades de pantalla de computadora CSA/ISO											
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[j]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Tabla 12.6
• Pizarra blanca												
• Analógica o digital												
· Lectura (referencia)							N	75	150	300	Prom.	3:1
· Lectura (con presentador)	Presentador en pizarra blanca						P	150	300	600	Prom.	3:1

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LECTURA Y ESCRITURA	(Continuación)										
•Xerografía	Copiadora e impresora generada en papel blanco										
Tipografía ≥8 puntos, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos										
• Color											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Impresión en escala de grises o en B y N											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
ESPACIOS DE APOYO											
• Salas de descanso/comedores	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Guardarropas o guardarropías	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Salas de fotocopiado/impresión											
• General	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Armario de conserjería	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Instalaciones de correo											
• General	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Inspección de seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Clasificación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Recepción/Envío											
• Muelle	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/Preparación	E_h @piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento											
• Alimentos	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos										
• Uso frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso poco frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
BAÑOS/VESTUARIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
SALAS DE ENTRENAMIENTO	Consulte 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AULAS										
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Pasillos de circulación	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• Pasillos adyacentes	E_h @piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea E_h del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran				
• Pasillos de escape	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pasillos independientes	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Elevadores											
• Carga											
• Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Tabla 12.6				[i]	[i]
	ver Tabla 12.6				[i]	[i]
	ver Tabla 12.6				[i]	[i]
	ver Tabla 12.6				[i]	[i]
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 32.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 32.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 32.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 32.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 32.2 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de esto, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área típica de cobertura es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de Tareas".

j. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de niveles de actividad en Interiores y Exteriores Nocturnos.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
LECTURA Y ESCRITURA	(Continuación)															
•Xerografía	Copiadora e impresora generada en papel blanco															
Tipografía ≥8 puntos, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos															
· Color																
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Tabla 12.6				
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6				
Impresión en escala de grises o en B y N																
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6				
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[j]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6				
ESPACIOS DE APOYO																
•Salas de descanso/comedores	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
Guardarropas o guardarropías	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1				
Salas de fotocopiado/impresión																
• General	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1				
•Armario de conserjería	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
•Instalaciones de correo																
• General	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.	3:1				
• Inspección de seguridad	E_h y E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	ver Tabla 12.6				
•Clasificación	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1				
•Recepción/Envío																
•Muelle	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				
•Recepción/Preparación	E_h @piso ; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1				
• Almacenamiento																
• Alimentos	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/Servicio de Alimentos															
•Uso frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
•Uso poco frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1				
BAÑOS/VESTUARIOS	Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
SALAS DE ENTRENAMIENTO	Consulte 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AULAS															
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																
•Pasillos de circulación	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.															
• Pasillos adyacentes	E_h @piso ; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea E_h del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran, pero con un min ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la tarea Ev del espacio adyacente o como las cámaras lo requieran					2:1				
• Pasillos de escape	E_h @piso ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				
• Pasillos independientes	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				
•Elevadores																
• Carga																
· Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				
· Umbral																
· Exterior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				
· Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina (continuación en la página siguiente)

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(Ascensores continuación)										
• Pasajeros											
· Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Umbral											
· Exterior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADA A EDIFICIOS										
Escaleras mecánicas/pasillos móviles	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•Vestíbulos											
Circulación, vestíbulos de ascensores	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
En las entradas de los edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar del exterior al interior o viceversa.										
· Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Lejos de las entradas	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Exhibidores											
· Vitrinas de premios/trofeos	Ver 24 / ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AULAS/Artes/Artes Gráficas/Exhibiciones										
· Tableros de anuncios							N	75	150	300	Prom.
•Mostrador de información		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salones											
• Descanso		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Áreas de recepción/espera											
• Mostrador de recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Escaleras	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• Mucha actividad [k]	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 32.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 32.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 32.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 32.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 32.2 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de esto, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunos tipos de salas de reuniones flexibles, el área típica de cobertura es "Sala o Área Designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como un escritorio de oficina o una silla de lectura, o una mesa de conferencias, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea Propia o Área de Tareas".

j. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

k. Consulte la Tabla 22.4 / Definiciones de niveles de actividad en Interiores y Exteriores Nocturnos.

Tabla 32.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones de Oficina

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	 [f]	 [g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(Ascensores continuación)																	
• Pasajeros																		
• Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Umbral																		
• Exterior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
• Interior de la cabina	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
•Entradas	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADA A EDIFICIOS																	
Escaleras mecánicas/pasillos móviles	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					
•Vestíbulos																		
Circulación, vestíbulos de ascensores	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
En las entradas de los edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar del exterior al interior o viceversa.																	
• Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					
• Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1					
• Lejos de las entradas	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					
• Exhibidores																		
• Vitrinas de premios/trofeos	Ver 24 / ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AULAS/Artes/Artes Gráficas/Exhibiciones																	
• Tableros de anuncios							N	75	150	300	Prom.		3:1					
•Mostrador de información		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6					
• Salones																		
• Descanso		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1					
• Áreas de recepción/espera																		
• Mostrador de recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver Tabla 12.6					
• Áreas de espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1					
•Escaleras	Como el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
• Mucha actividad [k]	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Vigilancia en vivo	E_h @piso ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1					
• Típico	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1					

Cuadro **32.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

Cuando los documentos en papel forman parte de la tarea de trabajo, es necesario revisar los tipos de tareas en papel. Si estas tareas son muy variadas y requieren criterios de iluminación muy diferentes, puede ser necesario considerar un sistema de iluminación de trabajo regulable para iluminar sólo el área de referencia de documentos en papel. Un sistema de iluminación ambiental puede ser adecuado para abordar los criterios de iluminación de la pantalla y el teclado de la terminal de video. Si el área de referencia de documentos en papel tiene una ubicación y un tamaño fijos, entonces puede ser adecuada una iluminación de trabajo portátil o arquitectónica. Para ubicaciones flexibles y tamaños variables de áreas de referencia de documentos en papel, la iluminación de trabajo portátil regulable puede ser la más adecuada. Independientemente de ello, se debe evaluar el control óptico de la solución de iluminación de trabajo para determinar su efecto en las pantallas de las computadoras. La dispersión de luz en los monitores CSA/ISO de polaridad negativa Tipo III puede ser intolerable al ocultar los detalles gráficos. Alternativamente, los monitores CSA/ISO de polaridad positiva Tipo I pueden ser suficientemente visibles incluso con un sistema de iluminación ambiental que aborde las tareas en papel. Las maquetas son adecuadas para probar las soluciones de iluminación propuestas.

El diseño y la redacción de planos pueden realizarse en un espacio específico o pueden ser una de las diversas tareas que se realizan en un entorno de oficina. El diseñador debe confirmar desde el principio de la programación la aplicación prevista para desarrollar recomendaciones de criterios de iluminación y soluciones de sistemas de iluminación adecuados.

IESH/10e CSA/ISO

> 12,5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las calidades de la pantalla de la computadora CSA/ISO



FIGURA 32.3 | SALA DE CAPACITACIÓN

Aquí se realizan conferencias y reuniones con seis zonas de control fluorescentes regulables: ❶ es una ranura de pared en la pizarra blanca y la pantalla AV; ❷ es una ranura de pared en el bufé; ❸son dos ranuras de pared que recorren la longitud de la sala; ❹son dos luces empotradas cerca de la pantalla AV; ❺es el resto de las luces empotradas; y ❻es la cornisa de cuatro lados. Las escenas preestablecidas disponibles son ALTA, BAJA, INTERRUPCIÓN, AV y TODO APAGADO. El acento perimetral se utiliza generosamente para contribuir a: definición espacial; preferencia; y amplitud. Consulte la Tabla 12.1b | Factores espaciales: segunda parte y la Tabla 12.2 | Impresiones subjetivas. La iluminación indirecta y los lavados de superficie contribuyen a la iluminación de superficie vertical y la iluminación facial.

» Imagen ©Far Photography

32.2.6 SERVICIO DE ALIMENTOS

La iluminación para el servicio de alimentos se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. La figura 32.6 ilustra la configuración de un comedor en un espacio multifuncional (imagen superior) y un comedor o cantina (imagen inferior). Muchas veces, los espacios multifuncionales deben poder adaptarse a cualquier cantidad de aplicaciones, desde reuniones hasta comedores, salas de proyectos o salas de trabajo. A medida que el equipo de diseño explora las opciones arquitectónicas y de mobiliario, también se analizan los diseños, los criterios de iluminación para las distintas aplicaciones y los posibles enfoques, de modo que se pueda proponer una solución de iluminación que sea lo más capaz posible de cumplir con los distintos criterios de iluminación y los requisitos de estilo arquitectónico del proyecto. Los controles desempeñan un papel importante a la hora de afrontar el desafío de las múltiples funciones.

32.2.7 LA ILUMINACIÓN PARA TI

Las tareas de TI se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

32.2.8 OFICINAS

Los criterios de iluminancia para oficinas giran en torno a la lectura, la escritura y la comunicación oral intermitente. La acentuación cumple múltiples propósitos en situaciones de oficina donde los usuarios son relativamente sedentarios y necesitan un alivio visual periódico de las tareas y necesitan fondos visuales relativamente consistentes contra los cuales trabajar sin fatiga visual. La acentuación puede ayudar a mejorar el entorno general cuando se abordan las impresiones subjetivas (consulte la Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas). En cualquier caso, la acentuación no necesita consumir mucha energía y, por lo general, es más eficiente y visualmente interesante que usar iluminación general de alto rendimiento.

Los criterios de iluminancia y las áreas de cobertura para las tareas de oficina deben establecerse cuidadosamente para cumplir con los requisitos de energía, los objetivos de sustentabilidad, la comodidad visual y la idoneidad de la tarea. La iluminación excesiva conduce a un desperdicio de energía y tareas demasiado brillantes que, después de varias horas de visualización, pueden provocar fatiga visual. El desafío es establecer qué tareas de lectura y escritura deben abordarse y determinar cómo cumplir con los criterios de iluminancia recomendados. Consulte 12.5 Factores de Tarea y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales para obtener orientación.

Si hay varias tareas involucradas, priorice por importancia y seleccione los criterios en consecuencia. Alternativamente, normalice las tareas con criterios de iluminancia comunes, siempre que esto aborde la mayoría, si no todas, de las tareas involucradas. Otro método es abordar criterios de iluminancia divergentes utilizando sistemas de iluminación ambiental y de tareas. Utilice un sistema de iluminación ambiental para cumplir con los criterios de menor iluminancia para un conjunto de tareas y utilice un sistema de iluminación de tareas para complementar la iluminación ambiental para cumplir con los criterios de mayor iluminancia de un segundo conjunto de tareas. Esta solución de sistemas de tareas y ambientales puede ser más eficaz desde el punto de vista energético y visualmente más interesante que la de un sistema ambiental sólo para cumplir con los criterios de iluminancia. Consulte 15.1.1.1 Iluminación Ambiental y 15.1.1.2 Iluminación de Tareas.



FIGURA 32.4 | SALA DE CONFERENCIAS

La sala de conferencias del gobernador en el Capitolio de Virginia está iluminada por: ❶ luminarias colgantes de reproducción histórica con lámparas fluorescentes compactas de 2700 K; ❷ luminarias empotradas sin marco ajustables con orificios con lámparas halógenas/RLV MR16 (que no deben confundirse con los difusores de aire más visibles); y ❸ luminarias lineales empotradas sin marco ajustables con múltiples lámparas también con lámparas halógenas/RLV MR16. Las luminarias empotradas sin marco para cielorrasos de yeso o de escayola no presentan ningún reborde de moldura visible. Se aplica yeso o una capa de acabado en la abertura de la luminaria. Las luminarias sin marco son menos visibles y mejoran la apariencia monolítica de los cielorrasos de yeso. En cielorrasos de yeso decorativo, la simplicidad de las luminarias sin marco da como resultado una mayor atracción visual hacia el trabajo de yeso decorativo. » Imagen ©Tom Crane







FIGURA 32.5 | SALAS DE REUNIONES
Los medios para alcanzar el fin del cumplimiento de los criterios de iluminancia IES pueden variar considerablemente. Las luminancias de la superficie y tanto el color de la superficie como el color de la luz contribuyen en gran medida a la apariencia general. La luz natural y la vista tienen efectos marcados. La mayoría de las lámparas en estos tres ejemplos son variedades fluorescentes que exhiben CCT de 3000 K y CRI £82. En la imagen del medio, se utilizan lámparas fluorescentes rojas y doradas en un detalle de cornisa a lo largo de la parte superior derecha. En la imagen inferior, las luminarias de acento ajustables halógenas/RLVMR16 resaltan la pared izquierda y se utilizan colgantes decorativos LED en las mesas de descanso cerca del extremo más alejado de la sala. La condición de plenum pintado de blanco en la imagen del medio mejora en gran medida la eficiencia general de la iluminación. Las luminarias colgantes lineales con componentes de iluminación indirecta y directa como las que se muestran en la imagen inferior pueden ofrecer enfoques muy eficientes.

» Imagen superior ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

» Imagen central ©Steelcase Inc.

» Imagen inferior ©Workspring

No existen reglas definitivas sobre la relación entre la iluminancia ambiental y la iluminación de trabajo. Sin embargo, los sistemas de iluminación ambiental, de trabajo y de acento y las reflectancias de la superficie de la sala deben diseñarse de manera que las luminancias resultantes estén de acuerdo con la Tabla 12.5 | Recomendaciones de Relación de Luminancia Predeterminada y las relaciones de iluminancia resultantes estén de acuerdo con la Tabla 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada. Dado que la iluminancia es aditiva, se puede utilizar cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento para cumplir con los criterios objetivo de iluminancia identificados en la Tabla 32.2 para cualquier tarea determinada. En una oficina abierta, por ejemplo, y dependiendo de las propiedades fotométricas de los sistemas de iluminación ambiental y de trabajo y la disposición y densidad del mobiliario, es posible y razonable que el sistema de iluminación ambiental contribuya entre un tercio y dos

tercios de la iluminancia total requerida. Un sistema de iluminación de trabajo proporciona el equilibrio de la iluminancia necesaria para cumplir con los criterios objetivo. La iluminancia ambiental se aplica típicamente en toda una sala. La iluminación de tareas se aplica típicamente a una tarea propiamente dicha o área de tareas (ver Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas).

Las Figuras 32.7, 32.8 y 32.9 ilustran una variedad de situaciones de oficina. En cada situación, un sistema de iluminación ambiental proporciona una iluminación general en todo el espacio de la oficina que está entre un tercio y dos tercios de los criterios de iluminación recomendados por la IES. En cada situación, la iluminación de tareas se localiza en la tarea propiamente dicha o área de tareas y contribuye con el resto de la iluminación necesaria para cumplir con los criterios de la IES. La acentuación se utiliza en las Figuras 32.7 y 32.9, mientras que la iluminación natural extensiva cumple la función de acentuación en la Figura 32.8.

La iluminación de acento afecta las percepciones de brillo y también puede contribuir a la definición espacial y a las impresiones subjetivas. Ver 15.1.1.3 Iluminación de Acento, Tabla 12.1 b | Factores Espaciales: Parte dos, y Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas. Para mantener una solución de iluminación eficiente, se deben analizar y ajustar en consecuencia las contribuciones a los criterios de iluminancia de los sistemas de ambiente, tareas y acento. Por ejemplo, la iluminación de la pared a la derecha en la Figura 32.9 contribuye lo suficiente a la iluminancia en las proximidades del área de reunión improvisada como para que no fuera necesaria una fila de luminarias ambientales indirectas empotradas.

El éxito de la iluminación natural se facilita mediante el funcionamiento sin problemas de la iluminación eléctrica y los mecanismos de iluminación natural, como las cortinas. Consulte 14 | DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN NATURAL para obtener más información. Para minimizar las interrupciones, mantener la comodidad y maximizar el ahorro de energía, estos aspectos merecen especial atención:

1. Automatizar la atenuación y educar al cliente sobre la funcionalidad

2. Diseñar cualquier iluminación natural de elevación este y oeste con mucho cuidado en relación con el deslumbramiento y las horas de funcionamiento (hemisferio norte)

3. Automatice el tratamiento de las ventanas o eduque al cliente sobre la operación manual y el tiempo de uso esperado

4. Mantener cierto grado de vista exterior

5. Evitar los diseños de luz natural que requieran un despliegue manual de cortinas casi continuo o completo

6. Realizar simulaciones de luz natural para limitar las áreas de iluminación excesiva y ayudar con la transmitancia del acristalamiento y las selecciones del tratamiento de sombreado

7. Abordar las relaciones de luminancia (ver Tabla 12.5)

8. Coordinar la iluminación natural con el ingeniero mecánico para garantizar el confort térmico

Los sistemas de control son clave para proporcionar un funcionamiento perfecto y la integración de la luz natural.

32.2.9 LA ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTO

Para las instalaciones de estacionamiento se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

32.2.10 CAMINOS PEATONALES

La iluminación para caminos peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.





FIGURA 32.6 | SERVICIO DE COMIDA

El servicio de comida en las instalaciones de oficinas puede consistir en comedores tradicionales (imagen superior) o salas de almuerzo (imagen inferior). Los comedores en las instalaciones de oficinas con múltiples inquilinos pueden estar dedicados a un solo cliente o pueden estar disponibles para todos los inquilinos. Los comedores pueden ser espacios multifuncionales donde se acomodan reuniones y conferencias a través de controles. Los criterios de iluminación deben establecerse de acuerdo con el uso previsto: conferencias; comedor; y sala de proyectos, por ejemplo. Las tareas de conferencia, si las hay, deben determinarse y los criterios deben establecerse. Las tareas de comedor también deben determinarse a partir de las citas en la Tabla 22.2 en SERVICIO DE ALIMENTOS/Áreas de Comedor o de la cita en la Tabla 32.2 en ESPACIOS DE APOYO/Salas de descanso/Salas de almuerzo. Las salas de proyectos pueden usarse como oficinas privadas para esfuerzos de trabajo cortos, pero dedicados en asignaciones. Alternativamente, estos pueden ser espacios de trabajo para equipos involucrados en proyectos a largo plazo. En cualquier caso, las necesidades de las tareas deben definirse y los criterios de iluminación deben asignarse en consecuencia.

» Imagen superior 02003 Gene Meadows

» Imagen inferior ©Beth Singer Photographer, Inc.

32.2.11 LECTURA Y ESCRITURA

Las tareas de lectura y escritura ocurren dentro de varias aplicaciones. La familiaridad con estas tareas ayudará con la evaluación de tareas y actividades de aplicaciones específicas. Además, la familiaridad con los requisitos del cliente

ayudará al equipo de diseño a adaptar los criterios de iluminación y las soluciones de iluminación para satisfacer mejor las necesidades del cliente. Esto es un cambio con respecto a algunas prácticas de larga data de cubrir las salas y, por lo tanto, los edificios con un nivel de iluminación destinado a acomodar casi cualquier tarea de lectura, pero que generalmente resultó en una iluminación menos eficiente, menos cómoda y sosa.

32.2.12 ESPACIOS DE APOYO

Estas citas relativamente de la *parte trasera de la edificación* se explican por sí solas. Para fines de conveniencia de mantenimiento, los tipos de lámparas y calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.

32.2.13 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación para baños y vestuarios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

32.2.14 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

Aunque la mayoría de estos espacios se explican por sí solos, algunos merecen discusión en el contexto de las instalaciones de oficina.

Los pasillos adyacentes se refieren a una condición en la que las áreas de circulación están rodeadas por áreas de trabajo o tareas más grandes. Un ejemplo se muestra en la Figura 32.7 donde el pasillo adyacente está entre las estaciones de trabajo y la pared arquitectónica a la derecha (marcada con ❸). Dada su adyacencia a las áreas de trabajo o tareas abiertas y visualmente accesibles, sus iluminancias, confinadas al pasillo propiamente dicho, deben ser proporciones de las iluminancias de las tareas cercanas. Esto evita contrastes molestos dentro del entorno de trabajo. Sin embargo, en la Figura 32.7, la tarea de archivar también ocurre en esta zona y debe adaptarse a los criterios citados en la Tabla 32.2 en ADMINISTRACIÓN/Archivar. La iluminación de pared logra tres objetivos de iluminación: acentuar; circulación; y archivar.

Los vestíbulos, las áreas de recepción y espera, y los pasillos de descanso deben estar relacionados estilísticamente con las instalaciones de la oficina. Estos espacios deben aprovechar las eficiencias y la variedad visual asociadas con el uso de sistemas de iluminación de tareas, ambientales y de acento. Consulte la Figura 32.10. Programáticamente, estas áreas a veces cumplen múltiples funciones. Por ejemplo, el área de recepción/espera en la imagen central de la Figura 32.10 se programó como un espacio potencial de trabajo o reunión para una futura expansión. Si se planean controles para el área de trabajo o reunión, estos se pueden utilizar para ajustar las iluminancias para abordar los criterios para un área de recepción y espera. El equipo de diseño debe realizar un seguimiento de los nombres y funciones de los espacios en estas situaciones para documentar adecuadamente las asignaciones de energía y el cumplimiento.

Para fines de conveniencia de mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares a menos que las diferencias distintivas sean una característica de diseño intencional.

32.3 /CRITERIOS DE LUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se implementan por completo, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visual. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios aspectos delineados en la Tabla 32.2.

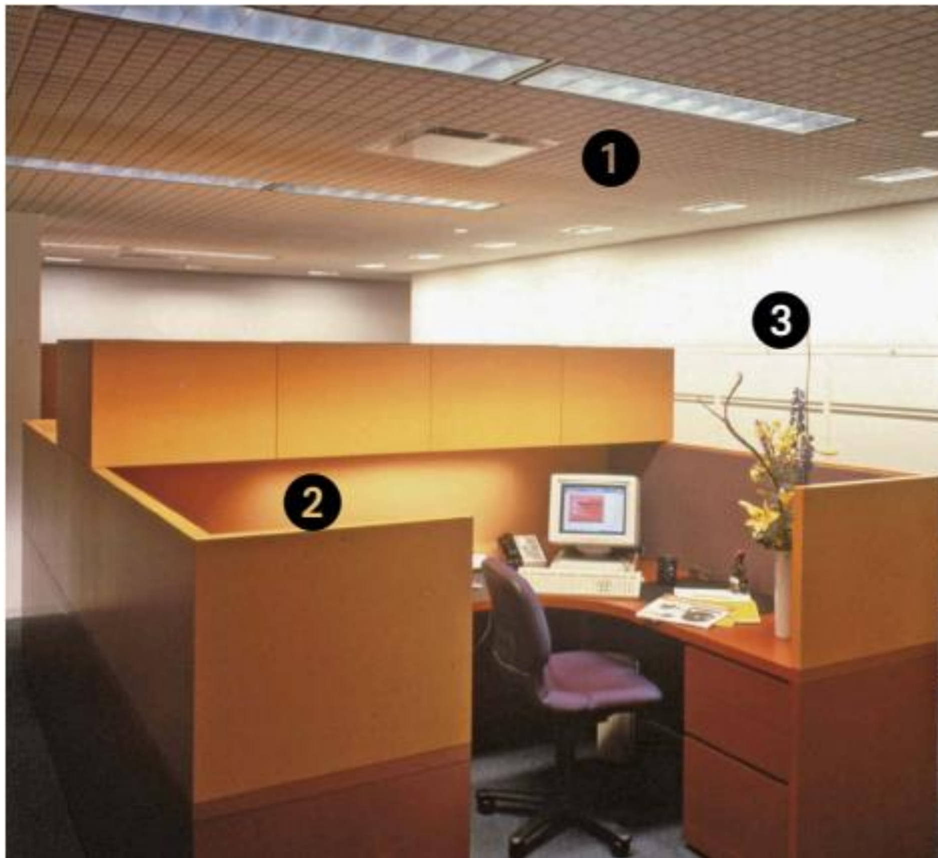


FIGURA 32.7 | ILUMINACIÓN AMBIENTAL DE BAJO BRILLO DIRECTA EMPOTRADA

Las luminarias parabólicas de una sola lámpara con deflectores de celdas grandes semiespeculares ❶ proporcionan 300 lux de iluminancia ambiental horizontal en las superficies de trabajo en esta oficina abierta de cielorraso bajo. La iluminación de tareas debajo de los contenedores de carpetas ❷ ilumina el área de referencia y limita las sombras. La iluminación uniforme de las paredes con bañadores de pared fluorescentes de bajo voltaje❸ ilumina lo que sería un espacio oscuro con las luminarias parabólicas (observe la luminancia comparativamente baja del techo). La iluminación uniforme de las paredes también afecta la sensación de amplitud. La iluminación difusa de las paredes junto con la iluminación descendente uniforme relativamente suave de las luminarias parabólicas generan iluminancias verticales consistentes para el reconocimiento facial. Observe cómo la luminancia de la pantalla de polaridad positiva CSA/ISO y Tipo III (brillante) se equilibra con las tareas de papel y las superficies circundantes. Las luminarias de iluminación ambiental abordan los criterios de potencia luminosa y luminancia de la luminaria de la Tabla 12.4.

» Imagen ©Robert Eovaldi



FIGURA 32.8 | ILUMINACIÓN AMBIENTAL INDIRECTA COLGANTE LINEAL

Las luminarias colgantes lineales con ópticas de distribución amplia iluminan uniformemente el cielorraso ➊ . La relación de luminancia desde la parte más brillante del techo ➊ hasta la más tenue ➋ es de 3 a 1. Esta luz difusa se refleja en el plano de trabajo y proporciona 300 lux de iluminación ambiental horizontal en las superficies de trabajo. La iluminación de tareas debajo de los contenedores de carpetas ilumina el área de trabajo, limita las sombras y ayuda a mejorar las impresiones de luminosidad.

» Imagen ©Robert Eovaldi



FIGURA 32.9 | AMBIENTE ARQUITECTÓNICO DIMENSIONAL DIRECTO EMPOTRADO

Las luminarias directas empotradas arquitectónicamente dimensionales de ambiente de 2' por 2' pueden ser apropiadas donde se produce una combinación de trabajo en papel y tareas de computadora. Esta familia de luminarias es típicamente menos deslumbrante que sus contrapartes tradicionales con lentes prismáticas. Hay varias variedades disponibles de tipos "canasta" donde las lámparas están alojadas en un compartimento similar a una canasta con la mayor parte o toda la luz dirigida a un reflector en la parte superior de la luminaria para redirigirla hacia la habitación. Vea la Figura 12.19. Otra variedad consiste en una disposición de lentes de alta eficiencia y ópticas direccionales para limitar el deslumbramiento directo. Ambas variedades exhiben detalles dimensionales y variaciones intencionales de brillo que disminuyen la masa visual dominante de generaciones anteriores de luminarias empotradas con lentes monolíticas (efectos que no se transmiten completamente en fotografías). Donde las pantallas de computadora son de polaridad positiva CSA/ISO Tipo I, algunas versiones de estas luminarias pueden ser aceptables. Sin embargo, con otros tipos de pantallas de ordenador o configuraciones de polaridad negativa, o luminarias con lámparas de alto rendimiento, es posible que no se cumplan los criterios descritos en la Tabla 12.4. Se recomienda realizar maquetas para determinar la idoneidad y la aceptación por parte de los clientes.

» Imagen ©Steelcase Inc.

32.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de aquellas identificadas en la Tabla 32.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para tipos de espacios o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista en la Tabla 32.2 para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios,

así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

32.3.2 NOTAS

Las notas en la Tabla 32.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

32.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de tarea y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y los otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas anticipadas hasta el punto en el tiempo en el que se debe realizar el reemplazo de lámparas y la limpieza del grupo. El reemplazo de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que ocurran con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el recambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que la limpieza y el recambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de la Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la advertencia de que la depreciación del lúmen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70% o tal vez incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son para que se clasifique como vida útil, entonces el LLD sólo debe ser 0,7 o 0,5 o cualquier clasificación de lúmenes certificada por el proveedor de LED. Consulte 13.3 Mantenimiento de Vida Útil y Lúmenes.

Los objetivos citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10 % de los requisitos del código. Aparentemente, esto es un artefacto de metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 32.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones del IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos de los códigos vigentes en todas las jurisdicciones en un momento determinado los objetivos están pensados para aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, aunque no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para una pizarra blanca, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las inmediaciones o de cualquier iluminancia resultante de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.







FIGURA 32.10 | ESPACIOS DE TRANSICIÓN

En la imagen superior se muestra un pasillo de descanso. En situaciones en las que el área de descanso está claramente definida y es poco probable que se reconfigure, los criterios de iluminación para el "pasillo de descanso" se pueden aplicar sólo al área de descanso, mientras que los criterios de iluminación para la circulación se pueden aplicar a la zona que es claramente para circulación. El diseñador debe determinar las áreas de cobertura que afectan la potencia de iluminación y los costos de energía y equipo. En la imagen del medio, también se configura un área de espera y recepción para acomodar una expansión futura cuando esta área será una estación de trabajo o dos o un área de reunión. Se pueden usar controles para ajustar la iluminación en consecuencia. Un vestíbulo en un edificio de oficinas con varios inquilinos, en la imagen inferior, sirve como la "puerta de entrada" y la primera impresión para los visitantes de los inquilinos y se usa como un servicio cuando se realiza mercadeo a posibles inquilinos.

» Imagen superior ©Workspring

» Imagen central www.jmaconochie.com

» Imagen inferior Christopher Lark, Inc.

32.3.3.1 PLANOS DE DESTINO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Además, se espera que la mayoría de las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (E_h) y un componente de iluminancia vertical (E_v). Cuando estos componentes de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planares, esto se indica en "Notas". Por ejemplo, para reuniones de conferencias, las iluminancias horizontales se aplican a la superficie de la mesa, mientras que las iluminancias verticales se aplican a la altura del plano de la cara sentada de 4' AFF orientado en la que puede estar en la dirección o direcciones que miran al espectador o espectadores principales.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (E_h) y un componente de iluminancia vertical (E_v). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En algunas aplicaciones, como las salas de conferencias convencionales que admiten una variedad de medios de presentación, las iluminancias de los planos horizontal y vertical de las diversas tareas de medios abordan la situación típica en la que, simultáneamente, una parte del trabajo o una parte de la tarea se realiza en planos horizontales mientras que otra parte del trabajo o parte se realiza en planos verticales.

Cuando los objetivos de iluminancia están previstos en diferentes elevaciones planas, esto se indica en “Notas”. Es necesario realizar un seguimiento de las orientaciones de las tareas y abordar tanto la iluminancia horizontal como la vertical. Si las orientaciones del proyecto en cuestión están programadas para que se inviertan con respecto a lo que podría considerarse una visión normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas” donde la orientación direccional del plano es sencilla y se identifica fácilmente. Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación. Por ejemplo, en una sala de reuniones, la disposición del mobiliario del espacio podría sugerir el número de direcciones. Si la sala debe ser flexible en la disposición de los muebles, entonces se podría determinar que las direcciones de orientación se abordan satisfactoriamente asignando criterios verticales en el plano frontal a las cuatro direcciones cardinales. En una sala de reuniones con una mesa lineal y sillas en los lados largos, cada una orientada hacia el otro lado, se puede determinar que una dirección de orientación para cada lado es suficiente.

32.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el cliente. Un lugar de trabajo eficiente, productivo y cómodo sólo se puede lograr si los niveles de iluminancia están dirigidos a la audiencia prevista. Los criterios de iluminancia se presentan en función de los grupos de edad asociados con al menos la mitad de los observadores en una aplicación particular. El diseñador siempre tiene la libertad de volver a seleccionar los criterios en función de su propia experiencia o de las instrucciones del cliente. En oficinas cerradas, los requisitos de edad se pueden acomodar fácilmente. Sin embargo, el diseñador debe revisar las implicaciones de la rotación. En oficinas abiertas, las diferencias de edad y la rotación pueden presentar desafíos significativos que requieren que el equipo de diseño y el cliente revisen la planificación de la oficina.

Se pueden emplear controles en zonas discretas de iluminación ambiental para permitir el ajuste de dichas zonas a iluminancias mayores o menores. Además, se puede especificar o controlar la iluminación de tareas para proporcionar

iluminancias mayores o menores. Todo esto exige un esfuerzo de diseño concertado y, una vez finalizado, un seguimiento dedicado por parte del cliente.

32.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Estas se muestran en la Tabla 32.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

32.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se monitorean de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente.

El diseñador puede elegir utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande.

En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos y uniformidades de iluminancia, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

32.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar incomodidad visual, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para iluminancia horizontal (E_h).

Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente sea la tarea visual, más ajustada será la relación.

32.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada de iluminancia máxima a la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se suele atribuir a situaciones sensibles a un grado relativamente pequeño de iluminación excesiva.

32.3.4.2 PROMEDIO-MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se suele atribuir a situaciones en las que la iluminancia muy por debajo de las

condiciones promedio es perceptible y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

32.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima que se encuentra en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que una variación excesiva en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

32.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un ícono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación continua o escalonada para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sustentabilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

32.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambas, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": blanco y negro indica alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; gris pálido y blanco indica cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de la tarea. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden filtrar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos duros de las tareas. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones de Intensidad de Luminaria y Luminancia Predeterminadas para Aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos de velo, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en lugar de sus contrapartes especulares.

LESH/10e CSA/ISO

> 12,5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las calidades de la pantalla de la computadora CSA/ISO

32.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas.

En algunas situaciones, como el acentuado, el área de "tarea" puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar una "pared característica" o un "perímetro". Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tareas y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tareas cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 32.2. Otra área de cobertura es la "sala o área designada". En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada se establece típicamente por la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el cliente. Las citas del área de cobertura en la Tabla 32.2 se basan en nociones tradicionales. Así, por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de "tarea propiamente dicha o área de tarea" resultaría en cierta medida, la reducción de la LPD en comparación con la cobertura de una "sala o área designada". Si la tarea se puede limitar a un área en lugar de a varias áreas, si la sala o área en la que se ubica la tarea es relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

32.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para las instalaciones de oficinas y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre esos aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas de eficiencia energética y sostenibilidad son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de techos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• utilizar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• utilizar controles de forma liberal, preferiblemente variedades automatizadas como ajustes preestablecidos, sensores de ocupación y desocupación, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan exactamente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• utilizar cálculos, Representaciones fotométricamente realistas, muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• Identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• Documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• Documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la disposición posterior por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• Documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

El diseño para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la Tierra se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto o cuánto valor de ingeniería se ahorró, ni las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

IESH/10e RECURSOS DE ECONOMÍA

> 15.3.3 Presupuestos

• para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para más información sobre estimación de costos

• para más información sobre costos del ciclo de vida

• para más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva construcción

• para más información sobre diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y estándares de iluminación

• para más información sobre estándares de aplicación

• para más información sobre regulaciones de equipos

IESH/10e RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

> 12.5.5.6 Iluminancias nocturnas en exteriores

• para más información sobre eficacias de lámparas bajo adaptación mesópica

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre criterios

IESH/10e RECURSOS DE SUSTENTABILIDAD

> 13.11 Sustentabilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre controles

• para más información sobre recursos de la tierra

• para más información sobre energía

• para más información sobre análisis del ciclo de vida

• para más información sobre diseño de iluminación

• para más información sobre reciclaje

32.5 REFERENCIAS

[1] Light Right Consortium. 2008. The benefits of quality lighting [Internet]. Light Right Consortium. [cited December 2008]. Available from: http://www.lightright.org/market/values.htm.

[2] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. 2008. Table E5A. In: Electricity Consumption (kWh) by End Use for All Buildings, 2003 [Internet]. DOE. [cited December 2008]. Available from: http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html#enduse03.

[3] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 11.

[4] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2004. American National Standard Practice for Office Lighting, ANSI/IESNA RP-1-04. New York: IESNA. 63 p.


©Jamie Kripke Corbis

33 | ILUMINACIÓN PARA RESIDENCIAS

Cada momento de luz y oscuridad es un milagro. Walt Whitman, poeta estadounidense del siglo XIX

CONTENIDO

Cualquier hogar es un refugio. La iluminación crea un ambiente que genera sensaciones de confort y protección. Sin embargo, algunas actividades en una residencia exigen mucho esfuerzo visual. Las edades de los ocupantes pueden variar significativamente. Algunos miembros del hogar pueden utilizar la residencia principalmente durante las horas de oscuridad durante al menos cuatro o cinco días de la semana.

La mayor parte del uso por parte de otros ocupantes puede ocurrir durante las horas del día. Las tareas y actividades dentro del mismo espacio pueden requerir condiciones de iluminación muy diferentes. Sin embargo, por más conveniente que haya sido hace mucho tiempo, el uso de un número limitado de luminarias que admitan lámparas de base universal de hasta potencias muy altas nunca ha sido la mejor manera de abordar todas estas variables. La iluminación eléctrica representa aproximadamente el 15% de la electricidad utilizada en las residencias (ver Figura 33.1). [1] La iluminación eficiente y su aplicación cuidadosa son apropiadas e importantes. El uso inventivo de la iluminación natural es una necesidad. A continuación se presenta un análisis de los aspectos clave que afectan a la iluminación: estado del proyecto; tipos de espacios; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia para personas con visión normal de todas las edades en instalaciones residenciales.

Los esfuerzos de diseño integrales implican sintetizar la información de este capítulo con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los aspectos específicos de la iluminancia relacionados con la iluminación para aplicaciones residenciales que deberían influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (consulte 15.2 Un esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES proporcionan una referencia de archivo [2] [3].

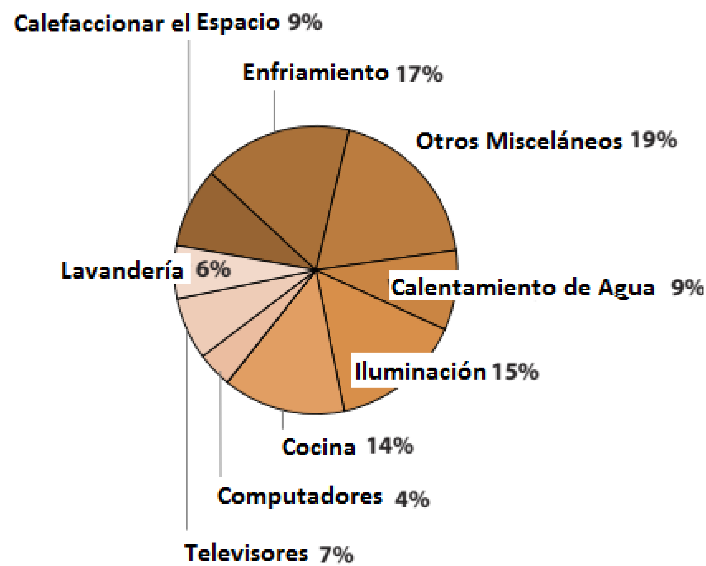


FIGURA 33.1 | USO DE ELECTRICIDAD EN LOS HOGARES

Según datos de 2008 de la Administración de Información sobre Energía del Departamento de Energía de los Estados Unidos, la iluminación representa el 15% del uso de electricidad en los hogares.

El término instalaciones residenciales se utiliza aquí para hacer referencia a casas unifamiliares o adosadas, apartamentos, condominios u otras unidades de vivienda donde los espacios habitables familiares están destinados a un estilo de vida independiente independientemente de las edades de los miembros de la familia.

Se debe pensar con cuidado en los detalles que van más allá de las citas de iluminancia de este capítulo. Por ejemplo, en la Tabla 33.2 la cita INTERIORES RESIDENCIALES/Corredores de Circulación/Pasajes Independientes identifica la iluminancia para pasillos residenciales en una situación de planta cerrada más convencional. La relación de uniformidad es amplia y, por lo tanto, la iluminación no uniforme es bastante apropiada. Sin embargo, con las iluminancias citadas, un pasillo de este tipo parecerá oscuro. Para algunas personas, esto es atractivo, pero para otras es indeseable. Para abordar las impresiones subjetivas de preferencia y relajación de la Tabla 12.2, uno o dos apliques de pared, una o dos lámparas de mesa, un detalle artístico o dos, un baño de paredes sutil o cualquier combinación de estas técnicas iluminarán el pasillo. Estas técnicas por sí solas pueden cumplir con los criterios de iluminancia para el pasillo. Dichos detalles específicos no se enumeran para todas las tareas. La Tabla 33.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ), que pueden ser diferentes de los criterios IES y reemplazarlos. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

Tabla 33.1 Lista de Verificación de Iluminación Residencial

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo 4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 33.2 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas Cuadro 12.6 |Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Medioambiente Externo Nocturno
Cuadro 15.6 | Estrategias operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto al Medio Ambiente al Aire Libre
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 33.3.6 12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 33.2 Este Capítulo: Cuadro 33.2 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos 12.5.1 Tareas Visuales Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

33.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Se debe dar todas las oportunidades a la luz natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la iluminación natural puede ser la fuente de luz principal, si no la única. Para que sea un éxito, la iluminación natural debe abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

Los criterios de iluminación residencial exterior que se analizan aquí se aplican a personas con visión normal que viven en casas unifamiliares. Los criterios de iluminación residencial interior que se analizan aquí se aplican a aquellas personas con visión normal que viven en casas unifamiliares independientes, dúplex, apartamentos, condominios u otros complejos residenciales. Las personas con deficiencias visuales específicas pueden requerir más o menos luz según su estado visual y las tareas a realizar. Estas deficiencias deben identificarse en la programación y requieren que la iluminación se diseñe en consecuencia [4].

33.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los aspectos de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios de aplicación residencial en consideración y, en consecuencia, de los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Se requieren definiciones de tipos de espacios al comienzo del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo de la iluminación, la potencia y el cumplimiento de la energía. Los nombres de las habitaciones, de las cuales se pueden deducir las funciones, y los números para realizar el seguimiento deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia de Instalaciones Residenciales deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque una aclaración con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de las habitaciones y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 33.2.

A diferencia de la mayoría de los otros tipos de proyectos, las aplicaciones residenciales son bastante personales e involucran a una o dos partes interesadas. Es posible que los criterios citados aquí no se alineen con las aplicaciones y funciones programadas o con los deseos expresados por el propietario, que pueden ir desde "Quiero que sea melancólico" hasta "Tiene que ser luminoso". El diseñador debe interpretarlos y evaluar qué criterios de iluminación, si los hay, satisfacen la necesidad en el contexto de la arquitectura y el esquema de acabado de un proyecto específico y luego buscar la aprobación del propietario. Puede ser necesario revisar la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminación Recomendados para establecer criterios adecuados a las particularidades personales del propietario. Los acentos ayudarán en gran medida a las percepciones de brillo. El contraste oscuro y alto puede ser beneficioso para crear un ambiente en una residencia, siempre que no comprometan la seguridad y la sensación de seguridad o las preferencias del propietario. En ausencia de un propietario, como en los proyectos especulativos, el cliente es un desarrollador. Aquí, el diseñador debe proyectar las necesidades y deseos del futuro propietario.

Con el fin de lograr la variedad visual esperada en los entornos residenciales y debido a que las actividades residenciales no están obstaculizadas por una productividad similar a la comercial, muchas relaciones de uniformidad son más amplias aquí que en las aplicaciones comerciales e institucionales.

Cuando la dirección del propietario es para una iluminación más uniforme y consistente en toda la casa, las proporciones deben limitarse según lo determine el diseñador. Esto se puede lograr con más luminarias, aunque no necesariamente con mucha más potencia, si es que hay alguno, o con ópticas de haz más amplio y dará como resultado una apariencia más homogénea. La siguiente discusión está vinculada a los principales encabezados de aplicación en la Tabla 33.2. Combine esto con los temas de la Tabla 33.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

33.2.1 EXTERIORES RESIDENCIALES

Para esta discusión sobre exteriores, se considera a los residentes de propiedades unifamiliares y dúplex durante las horas nocturnas. Para operaciones más grandes, consulte las aplicaciones relevantes en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES y 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Un dictamen primordial es utilizar iluminación exterior sólo si, cuando y donde sea necesario. Para exteriores residenciales, varias condiciones influyen en la iluminación:

• Número y tipos de puntos de entrada a la casa

• Número de entornos exteriores y caminos que conectan esos entornos

• Niveles de actividad nocturna anticipados y edades probables de los usuarios

• Zona de iluminación exterior nocturna para el proyecto en consideración

• Necesidades de seguridad percibidas o reales

La iluminación de entradas clave, rutas de circulación del sitio e intersecciones y cambios de elevación en el medio son importantes para navegar por sitios residenciales donde se anticipa actividad nocturna. Para sitios pequeños, simples o preexistentes con una entrada frontal directa a la casa, se puede determinar que sólo la iluminación en la puerta principal es suficiente. Para sitios grandes o nuevos con geometría complicada y paisajismo extenso, se puede determinar que la iluminación en múltiples ubicaciones puede ser mejor para ayudar en una navegación segura y ofrecer una sensación de seguridad.

Los esquemas arquitectónicos y paisajísticos variarán según las condiciones preexistentes o los deseos de los propietarios y las interpretaciones de los arquitectos y arquitectos paisajistas. Estas variaciones deben afectar el diseño de iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias.

El tipo y la cantidad de actividades al aire libre y la edad de los propietarios afectan los criterios de iluminación y dónde se aplican. Por razones de economía, eficiencia y sostenibilidad, esto requiere una planificación cuidadosa y detallada en lugar de una iluminación uniforme de un solo nivel.





FIGURA 33.2 | ENTRADAS RESIDENCIALES

Ambas entradas están iluminadas para abordar las necesidades funcionales de definir la entrada principal, identificar a los visitantes y minimizar la dispersión de luz. En la imagen del extremo izquierdo, el techo del porche y la elevación de la luminaria trabajan juntos para limitar la dispersión de luz en una dirección, pero aún así iluminan los bordes delanteros de los escalones. En la imagen de la izquierda cercana, las luces empotradas que rozan una pared casi blanca brindan una luz difusa para representar el cuerpo frontal completo de los visitantes para una fácil identificación de rostros y ropa. Las reflectancias de la superficie son importantes para el éxito de este enfoque.

» Imagen del extremo izquierdo ©Jamie Kripke/Corbis

» Imagen del extremo derecho ©Ocean/Corbis

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
EXTERIORES RESIDENCIALES	Aplicaciones residenciales en EXTERIORES y tareas citadas aquí. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES y 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES para aplicaciones comerciales y públicas en exteriores.										
• Entradas	Ancho de la puerta; Eh a nivel del umbral; Ev a 3' de la entrada y a 5' AFG en dirección de ingreso o cámara de seguridad.										
• Principal	Puerta o puertas de entrada de uso frecuente.										
· LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @5' AFG	F	5	10	20	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	E	4	8	16	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	D	3	6	12	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Secundaria	Puertas laterales y puertas de acceso o puertas de uso poco frecuente. Control con sensores de movimiento. j										
· LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @5' AFG	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	-	0	0	0		-	0	0	0	
• Caminos de entrada	Ev en direcciones de entrada/egreso.										
• Sendero	La iluminación general podría abordar un área de tareas que comprenda la caminata a una distancia de entre 5 y 10 pies de la entrada y entre 5 y 10 pies de una calle sin iluminación.										
· LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	Prom.
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	-	0	0	0		-	0	0	0	
• Rampas, escaleras y escalones	La iluminación debe centrarse en la zona de los escalones y los rellanos. Otra opción es llamar la atención sobre los cambios de elevación con una iluminación de contraste. k										
· LZ4[i]	E_h@peldaños/descansos; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h@peldaños/descansos; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h@peldaños/descansos; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h@peldaños/descansos; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h@peldaños/descansos; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
•Piscina y jacuzzi	Consulte INTERIORES RESIDENCIALES/Piscinas y jacuzzis para situaciones interiores										
• En el jacuzzi	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
•En la piscina	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
• Terraza con piscina y jacuzzi	Se supone que la piscina y el jacuzzi están iluminados internamente. La iluminación debe dirigirse a una zona de circulación o al área de la plataforma así como al acceso										
· LZ4[i]	E_h @grado	C	2	4	8	Prom.	-	0	0	0	
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado	-	0	0	0		-	0	0	0	

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura			f	g	Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1						
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1						
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1						
5:1	4:1					
5:1	4:1 (8:1)					
5:1	4:1 (8:1)					
5:1	4:1 (8:1)					

Notas para la Tabla 33.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 33.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 33.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 33.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. La identificación de los cambios de elevación se puede lograr con iluminación sobre el área de interés o introduciendo iluminación de contraste en el cambio de elevación, como se puede lograr con luces de paso, luces de entrada en la huella, luces de entrada lineales u otras luminarias que acentúen las contrahuellas o los escalones o los bordes que definen el cambio de elevación. La figura 15.13 ilustra un ejemplo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, el área de cobertura típica es "Sala o Área designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de la tarea".

m. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
EXTERIORES RESIDENCIALES	Aplicaciones residenciales en EXTERIORES y tareas citadas aquí. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES y 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES para aplicaciones comerciales y públicas en exteriores.															
• Entradas	Ancho de la puerta; Eh a nivel del umbral; Ev a 3' de la entrada y a 5' AFG en dirección de ingreso o cámara de seguridad.															
• Principal	Puerta o puertas de entrada de uso frecuente.															
· LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @5' AFG	F	5	10	20	Prom.	H	10	20	40	Prom.	4:1	4:1			
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	E	4	8	16	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	D	3	6	12	Prom.	F	5	10	20	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	E	4	8	16	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1				
• Secundaria	Puertas laterales y puertas de acceso o puertas de uso poco frecuente. Control con sensores de movimiento. j															
· LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @5' AFG	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	4:1			
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)			
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)			
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	-	0	0	0		-	0	0	0		4:1				
• Caminos de entrada	Ev en direcciones de entrada/egreso.															
• Sendero	La iluminación general podría abordar un área de tareas que comprenda la caminata a una distancia de entre 5 y 10 pies de la entrada y entre 5 y 10 pies de una calle sin iluminación.															
· LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	4:1			
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)			
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @5' AFG	-	0	0	0		-	0	0	0						
• Rampas, escaleras y escalones	La iluminación debe centrarse en la zona de los escalones y los rellanos. Otra opción es llamar la atención sobre los cambios de elevación con una iluminación de contraste. k															
· LZ4[i]	E_h @peldaños/descansos ; E_v @5' AFG	C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	4:1			
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @peldaños/descansos ; E_v @5' AFG	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @peldaños/descansos ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)			
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @peldaños/descansos ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)			
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @peldaños/descansos ; E_v @5' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
• Piscina y jacuzzi	Consulte INTERIORES RESIDENCIALES/Piscinas y jacuzzis para situaciones interiores															
• En el jacuzzi	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
• En la piscina	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores respectivos. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
• Terraza con piscina y jacuzzi	Se supone que la piscina y el jacuzzi están iluminados internamente. La iluminación debe dirigirse a una zona de circulación o al área de la plataforma así como al acceso															
· LZ4[i]	E_h @grado	C	2	4	8	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1			
· LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1 (8:1)			
· LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1 (8:1)			
· LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1 (8:1)			
· LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado	-	0	0	0		-	0	0	0						

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
RESIDENTIAL EXTERIORS	(continued)										
• Áreas Sociales	Balcones, Terrazas, Gazebos, Porches, Ramadas. Todos en las direcciones en las que se prevé que se observen los objetos de ida y vuelta.										
• Juegos/Lectura/Barbacoa	Juegos analógicos. Esto puede requerir una orientación planar primaria distinta a la horizontal. La iluminación debe estar orientada al área de trabajo.										
• LZ4[i]	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	N	75	150	300	Max	J	20	40	80	Max
• LZ3[i] (and LZ4 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	M	50	100	200	Max	I	15	30	60	Max
• LZ2[i] (and LZ3 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	L	37.5	75	150	Max	H	10	20	40	Max
• LZ1[i] (and LZ2 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	K	25	50	100	Max	G	7.5	15	30	Max
• LZ0[i] (and LZ1 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	J	20	40	80	Max	F	5	10	20	Max
• General	La iluminación debe abordar los puntos de acceso clave y una zona de circulación. Ev en al menos dos vistas principales opuestas.										
• LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @4' AFG	E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
Acceso al sistema de llamadas de seguridad	Ev en el dispositivo de interfaz de llamada, a menos que esté autoiluminado						H	10	20	40	Prom.
• Rutas del Sitio	Control con sensores de movimiento. j										
• LZ4[i]	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado	-	0	0	0		-	0	0	0	
• Rampas, Escaleras y Escalones de obra	Control con sensores de movimiento. j La iluminación debe dirigirse a la zona de los escalones y los rellanos. Alternativamente, llame la atención sobre los cambios de elevación con iluminación de contraste. k										
• LZ4[i]	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Entradas con control de acceso	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
INTERIORES RESIDENCIALES	Aplicaciones residenciales en INTERIOR y tareas citadas aquí. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES para aplicaciones en interiores relevantes para edificios multifamiliares.										
• Acentuación	La acentuación influye en la percepción general de luminosidad de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar.										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA ARTE para ver materiales dignos de conservación.								ver Tabla 15.2		
• Pared destacada	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
• Punto focal importante	En el plano del punto focal			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
• Arte, artesanía y coleccionismo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Barra											
• Mesón de la barra	E_h @cubierta de la barra ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Mesón de Trabajo	E_h @superficie de trabajo ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	H	10	20	40	Prom.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1						
5:1	4:1					
5:1	4:1 (8:1)					
5:1	4:1 (8:1)					
5:1	4:1 (8:1)					
5:1						
	2:1					
5:1	4:1					
5:1	4:1 (8:1)					
10:1	4:1 (8:1)					
10:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1						
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	3:1					
	5:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 33.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 33.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 33.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 33.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. La identificación de los cambios de elevación se puede lograr con iluminación sobre el área de interés o introduciendo iluminación de contraste en el cambio de elevación, como se puede lograr con luces de paso, luces de entrada en la huella, luces de entrada lineales u otras luminarias que acentúen las contrahuellas o los escalones o los bordes que definen el cambio de elevación. La figura 15.13 ilustra un ejemplo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, el área de cobertura típica es "Sala o Área designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de la tarea".

m. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
RESIDENTIAL EXTERIORS	(continued)																	
• Áreas Sociales	Balcones, Terrazas, Gazebos, Porches, Ramadas. Todos en las direcciones en las que se prevé que se observen los objetos de ida y vuelta.																	
• Juegos/Lectura/Barbacoa	Juegos analógicos. Esto puede requerir una orientación planar primaria distinta a la horizontal. La iluminación debe estar orientada al área de trabajo.																	
• LZ4[i]	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	N	75	150	300	Max	J	20	40	80	Max	4:1	4:1					
• LZ3[i] (and LZ4 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	M	50	100	200	Max	I	15	30	60	Max	4:1	4:1 (8:1)					
• LZ2[i] (and LZ3 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	L	37.5	75	150	Max	H	10	20	40	Max	4:1	4:1 (8:1)					
• LZ1[i] (and LZ2 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	K	25	50	100	Max	G	7.5	15	30	Max	4:1	4:1 (8:1)					
• LZ0[i] (and LZ1 curfew)	E_h @2' 6"; E_v @4' AFG	J	20	40	80	Max	F	5	10	20	Max	4:1						
• General	La iluminación debe abordar los puntos de acceso clave y una zona de circulación. Ev en al menos dos vistas principales opuestas.																	
• LZ4[i]	E_h @grado ; E_v @4' AFG	E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	5:1	4:1					
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	5:1	4:1 (8:1)					
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	5:1	4:1 (8:1)					
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1 (8:1)					
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado ; E_v @4' AFG	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		5:1						
Acceso al sistema de llamadas de seguridad	Ev en el dispositivo de interfaz de llamada, a menos que esté autoiluminado						H	10	20	40	Prom.		2:1					
• Rutas del Sitio	Control con sensores de movimiento. j																	
• LZ4[i]	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1					
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		5:1	4:1 (8:1)					
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		10:1	4:1 (8:1)					
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		10:1	4:1 (8:1)					
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado	-	0	0	0		-	0	0	0								
• Rampas, Escaleras y Escalones de obra	Control con sensores de movimiento. j La iluminación debe dirigirse a la zona de los escalones y los rellanos. Alternativamente, llame la atención sobre los cambios de elevación con iluminación de contraste. k																	
• LZ4[i]	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1					
• LZ3[i] (y toque de queda LZ4)	E_h @grado	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)					
• LZ2[i] (y toque de queda LZ3)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)					
• LZ1[i] (y toque de queda LZ2)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	4:1 (8:1)					
• LZ0[i] (y toque de queda LZ1)	E_h @grado	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1						
• Entradas con control de acceso	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
INTERIORES RESIDENCIALES	Aplicaciones residenciales en INTERIOR y tareas citadas aquí. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES para aplicaciones en interiores relevantes para edificios multifamiliares.																	
• Acentuación	La acentuación influye en la percepción general de luminosidad de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar.																	
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA ARTE para ver materiales dignos de conservación.								ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3					
• Pared destacada	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3					
• Punto focal importante	En el plano del punto focal			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3					
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2				ver 15.1.1.3					
• Arte, artesanía y coleccionismo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.		3:1					
• Barra																		
• Mesón de la barra	E_h @cubierta de la barra ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		5:1					
• Mesón de Trabajo	E_h @superficie de trabajo ; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1					

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
INTERIORES RESIDENCIALES	(continuación)										
• Baños											
• Duchas/bañeras	E_h @piso; Ev @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Inodoros y bidés	E_h @parte superior del accesorio de plomería E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Tocadores	El aseo se considera más intensivo y extenso que la inspección casual. Revise la idoneidad con el cliente. Las elevaciones Eh y Ev se muestran para situaciones de pie frente al mostrador y para la altura de un adulto. Ajuste las elevaciones según sea necesario.										
• Inspección casual	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Aseo personal	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Parte superior de la cabeza	E_h @5' 9" AFF	Prom. = 1.0 veces Ev en el vanitorio									
• Dormitorios											
• Escritorios	Ver INTERIORES RESIDENCIALES/Lectura y Escritura										
• General (vestirse)	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Leer en la cama	Ver INTERIORES RESIDENCIALES/Lectura y Escritura										
• Áreas para sentarse	Ver INTERIORES RESIDENCIALES/Lectura y Escritura										
• Ver televisión	E_h y E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Pasillos de circulación	Ev en dos puntos de vista opuestos a lo largo de la dirección principal de viaje.										
• Pasillos adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente					Prom. ≥0.2 veces la tarea E_v del espacio adyacente				
• Pasillos independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	I	15	30	60	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Armarios	Es posible que sea necesario instalar luminarias en el exterior de los vestidores si el espacio de montaje en el armario no es suficiente para luminarias útiles o que cumplan con los códigos. La ubicación y el control deben abordarse en consecuencia.										
• Sin vestidor	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Vestidor	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Comedor											
• Formal	E_h @plano de la mesa ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Informal	E_h @plano de la mesa ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Uso de estudio	E_h @plano de la mesa ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vestidor											
• Espejo de cuerpo entero	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF						O	100	200	400	Prom.
• General	E_h @piso	M	50	100	200	Prom.					
• Artículos colgados	E_v @4' AFF @hombro delantero						K	25	50	100	Prom.
• Artículos en estantes/cajones	E_v @4' AFF @cara frontal						M	50	100	200	Prom.
• Ascensor	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Sala familiar	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Gimnasio	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• Vestíbulo											
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Sala de juegos	Destinado a actividades informales o espontáneas con conocidos. Para actividades deportivas autorizadas y arbitradas, véase 35 / ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN.										
• Juegos analógicos											
• Juegos de mesa y cartas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Juegos de mesa competitivos	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Pinball	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• Juegos digitales	E_h @piso; E_v @4' AFF	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	5:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	4:1		■		■	
	4:1		■		■	
	2:1		■		■	
	3:1					
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	3:1		■		■	
	5:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	3:1		■			■
	2:1		■	■ (faded)	■	
	2:1		■		■	
	4:1			■		■
	4:1			■ (faded)		■

Notas para la Tabla 33.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 33.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 33.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 33.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. La identificación de los cambios de elevación se puede lograr con iluminación sobre el área de interés o introduciendo iluminación de contraste en el cambio de elevación, como se puede lograr con luces de paso, luces de entrada en la huella, luces de entrada lineales u otras luminarias que acentúen las contrahuellas o los escalones o los bordes que definen el cambio de elevación. La figura 15.13 ilustra un ejemplo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, el área de cobertura típica es "Sala o Área designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de la tarea".

m. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INTERIORES RESIDENCIALES	(continuación)																	
• Baños																		
• Duchas/bañeras	E_h @piso; Ev @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		2:1		■		■	
• Inodoros y bidés	E_h @parte superior del accesorio de plomería; E_v @3' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Tocadores	El aseo se considera más intensivo y extenso que la inspección casual. Revise la idoneidad con el cliente. Las elevaciones Eh y Ev se muestran para situaciones de pie frente al mostrador y para la altura de un adulto. Ajuste las elevaciones según sea necesario.																	
· Inspección casual	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
· Aseo personal	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		2:1		■		■	
· Parte superior de la cabeza	E_h @5' 9" AFF	Prom.= 1.0 veces Ev en el vanitorio											2:1		■		■	
• Dormitorios																		
• Escritorios	Ver INTERIORES RESIDENCIALES/Lectura y Escritura																	
• General (vestirse)	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Leer en la cama	Ver INTERIORES RESIDENCIALES/Lectura y Escritura																	
• Áreas para sentarse	Ver INTERIORES RESIDENCIALES/Lectura y Escritura																	
• Ver televisión	E_h y E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		3:1		■			■
• Pasillos de circulación	Ev en dos puntos de vista opuestos a lo largo de la dirección principal de viaje.																	
• Pasillos adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.2 veces la tarea Eh del espacio adyacente					Prom. ≥0.2 veces la tarea E_v del espacio adyacente						3:1		■			■
• Pasillos independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	I	15	30	60	Prom.	D	3	6	12	Prom.		5:1		■			■
• Armarios	Es posible que sea necesario instalar luminarias en el exterior de los vestidores si el espacio de montaje en el armario no es suficiente para luminarias útiles o que cumplan con los códigos. La ubicación y el control deben abordarse en consecuencia.																	
• Sin vestidor	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
• Vestidor	E_h y E_v @4' AFF @cara del estante	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Comedor																		
• Formal	E_h @plano de la mesa ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		4:1		■		■	
• Informal	E_h @plano de la mesa ; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		4:1		■		■	
• Uso de estudio	E_h @plano de la mesa ; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• Vestidor																		
• Espejo de cuerpo entero	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF						O	100	200	400	Prom.		3:1					
• General	E_h @piso	M	50	100	200	Prom.							3:1		■		■	
• Artículos colgados	E_v @4' AFF @hombro delantero						K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Artículos en estantes/cajones	E_v @4' AFF @cara frontal						M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Ascensor	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Sala familiar	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	J	20	40	80	Prom.		5:1		■			■
• Gimnasio	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	J	20	40	80	Prom.		3:1		■			■
• Vestíbulo																		
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1		■			■
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.		3:1		■			■
• Sala de juegos	Destinado a actividades informales o espontáneas con conocidos. Para actividades deportivas autorizadas y arbitradas, véase 35 / ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN.																	
• Juegos analógicos																		
· Juegos de mesa y cartas	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■	■	■	
Juegos de mesa competitivos	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1		■		■	
· Pinball	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.		4:1			■		■
• Juegos digitales	E_h @piso; E_v @4' AFF	D	3	6	12	Prom.	C	2	4	8	Prom.		4:1			■		■

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INTERIORES RESIDENCIALES	(continuación)										
• Garage											
Compartimento para vehículos	Ev en los laterales de los vehículos. Coloque las luminarias de forma que no provoquen sombras en el interior de los vehículos desde el techo.										
· General	E_h y E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Mantenimiento de vehículos	E_h y E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Banco de trabajo											
· Manual	E_h y E_v @3' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Herramientas eléctricas											
Sin luz integrada para herramientas	E_h y E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Luz integrada para herramientas	E_h y E_v @3' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Cocina											
• Área de desayuno	E_h @superficie para comer; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Gabinetes	E_v @cara de los gabinetes						K	25	50	100	Prom.
• Anafes	E_h y E_v @superficies para cocinar	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Mostradores de preparación	E_h y E_v @superficies de preparación	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fregaderos	E_h y E_v @arriba del fregadero	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Lavandería											
• Planchado	E_h y E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Lavado y secado	E_h y E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sala de estar	E_h @piso; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Sala multimedia											
• Video (experiencia de cine)	Eh sobre una habitación o área designada, como pasillos; Ev sobre una tarea propiamente dicha (pantalla)										
· LCD/LED/Plasma	E_h @piso; E_v @screen	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· Proyección	E_h @piso; E_v @screen	B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Max
• Video y lectura	Eh sobre la tarea propiamente dicha (sillas); Ev sobre la tarea propiamente dicha (pantalla)										
· LCD/LED/Plasma	E_h @2' 6" AFF; E_v @ pantalla	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Proyección	E_h @2' 6" AFF; E_v @ pantalla	N	75	150	300	Prom.	F	5	10	20	Max
• Sala de meditación											
• Limpieza y yoga	E_h @piso; E_v @2' 6" AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Meditación	E_h @piso; E_v @2' 6" AFF	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	-
• Cuarto de mudas	E_h @piso; E_v @Cara armario/estante	L	37.5	75	150	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sala de música											
• General	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Instrumento (para acentuar)	E_h @arriba del instrumento; E_v @4' AFF			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
• Lectura Música	E_h y Ev @música	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Oficina	Alternativamente, consulte LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar según la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo requieren.										
• Oficina del hogar	Tareas que no exijan un trabajo visual continuo ni un alto grado de velocidad. Eh @escritorio; Ev @4' AFF.	O	100	200	400	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Trabajo en la oficina	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	5:1					
	3:1					
	2:1					
	5:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	5:1					
	3:1				pantalla	piso
	3:1				pantalla	piso
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1				cara armario/estante	floor
	3:1					
	ver Tabla 15.1.1.3					
	2:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					

Notas para la Tabla 33.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 33.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 33.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 33.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. La identificación de los cambios de elevación se puede lograr con iluminación sobre el área de interés o introduciendo iluminación de contraste en el cambio de elevación, como se puede lograr con luces de paso, luces de entrada en la huella, luces de entrada lineales u otras luminarias que acentúen las contrahuellas o los escalones o los bordes que definen el cambio de elevación. La figura 15.13 ilustra un ejemplo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, el área de cobertura típica es "Sala o Área designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de la tarea".

m. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INTERIORES RESIDENCIALES	(continuación)															
• Garage																
Compartimento para vehículos	Ev en los laterales de los vehículos. Coloque las luminarias de forma que no provoquen sombras en el interior de los vehículos desde el techo.															
· General	E_h y E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			
Mantenimiento de vehículos	E_h y E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Banco de trabajo																
· Manual	E_h y E_v @3' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1			
· Herramientas eléctricas																
Sin luz integrada para herramientas	E_h y E_v @3' AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		2:1			
Luz integrada para herramientas	E_h y E_v @3' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1			
• Cocina																
• Área de desayuno	E_h @superficie para comer; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		5:1			
• Gabinetes	E_v @cara de los gabinetes						K	25	50	100	Prom.		3:1			
• Anafes	E_h y E_v @superficies para cocinar	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• General	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		5:1			
• Mostradores de preparación	E_h y E_v @superficies de preparación	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		2:1			
• Fregaderos	E_h y E_v @arriba del fregadero	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• Lavandería																
• Planchado	E_h y E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• Lavado y secado	E_h y E_v @3' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• Sala de estar	E_h @piso ; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.		5:1			
• Sala multimedia																
• Video (experiencia de cine)	Eh sobre una habitación o área designada, como pasillos; Ev sobre una tarea propiamente dicha (pantalla)															
· LCD/LED/Plasma	E_h @piso; E_v @screen	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.		3:1		pantalla	piso
· Proyección	E_h @piso; E_v @screen	B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Max		3:1		pantalla	piso
• Video y lectura	Eh sobre la tarea propiamente dicha (sillas); Ev sobre la tarea propiamente dicha (pantalla)															
· LCD/LED/Plasma	E_h @2' 6" AFF; E_v @ pantalla	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			
· Proyección	E_h @2' 6" AFF; E_v @ pantalla	N	75	150	300	Prom.	F	5	10	20	Max		3:1			
• Sala de meditación																
• Limpieza y yoga	E_h @piso ; E_v @2' 6" AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1			
• Meditación	E_h @piso ; E_v @2' 6" AFF	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	-		3:1			
• Cuarto de mudas	E_h @piso; E_v @Cara armario/estante	L	37.5	75	150	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		cara armario/estante	floor
• Sala de música																
• General	E_h @piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1			
• Instrumento (para acentuar)	E_h @arriba del instrumento; E_v @4' AFF			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2				ver Tabla 15.1.1.3			
• Lectura Música	E_h y Ev @música	O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1			
• Oficina	Alternativamente, consulte LECTURA Y ESCRITURA, establecer tareas y normalizar según la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilizar controles para proporcionar variabilidad de iluminancia si las tareas así lo requieren.															
• Oficina del hogar	Tareas que no exijan un trabajo visual continuo ni un alto grado de velocidad. Eh @escritorio; Ev @4' AFF.	O	100	200	400	Prom.	I	15	30	60	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Trabajo en la oficina	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6			

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
INTERIORES RESIDENCIALES	(continuación)										
• Piscina y jacuzzi	Ver EXTERIORES RESIDENCIALES/Piscina y Jacuzzi para situaciones exteriores										
• En el jacuzzi	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.										
• En la piscina	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en favor de menos luminarias de mayor potencia.										
• Terraza de la piscina y el jacuzzi	Se supone que la piscina y el jacuzzi deben estar iluminados internamente. La iluminación debe estar orientada hacia la piscina y la extensión real de la plataforma desde el borde de la piscina. Ev debe estar en planos perpendiculares al contorno de la piscina en dos direcciones principales de recorrido alrededor de la piscina.										
· Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• Lectura y escritura	Según el nivel de concentración previsto y el área de cobertura en la ubicación respectiva y las suposiciones sobre los tipos de tareas. Alternativamente, consulte LECTURA Y ESCRITURA, establezca tareas y normalice la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de la iluminancia si las tareas así lo exigen.										
• Cabecera de cama	E_h y E_v @3' AFF, área pequeña	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Silla informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escritorio	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Costura											
• Costura o tejido a mano	E_h y Ev @2' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Máquina (sin luz incorporada)	E_h y Ev @2' 6" AFF	S	375	750	1500	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
Máquina (con luz incorporada)	E_h y Ev @2' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Entradas con portones al sitio	Vea 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADAS DE EDIFICIOS										
• Escalones/Escaleras	La iluminación debe centrarse en la zona de los escalones y los rellanos. Alternativamente, llame la atención sobre los cambios de elevación mediante contraste. K										
• General	E_h @ senderos	K	25	50	100	Prom.					
•Almacenamiento											
• Uso frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Uso poco frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Bodega de vinos	El área de almacenamiento debe tener un sensor de ocupación para limitar la exposición a la luz.										
•Almacenamiento	E_h @piso ; E_v @4' AFFcara del estante	F	5	10	20	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Degustación	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
LECTURA Y ESCRITURA											
•Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT										
• Lectores electrónicos											
Dispositivos de tinta electrónica	E_h y E_v @altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Fax											
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Trabajo escrito a mano	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario										
• Lápiz											
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Bolígrafo/Puntarodante/Fibra(Plumón)											
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Rojo, verde, azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	5:1					
	5:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	5:1					
	3:1					
	3:1					
3:1	3:1				cara del estante	piso
	5:1					
	2:1					
	2:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					

Notas para la Tabla 33.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 33.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 33.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 33.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. La identificación de los cambios de elevación se puede lograr con iluminación sobre el área de interés o introduciendo iluminación de contraste en el cambio de elevación, como se puede lograr con luces de paso, luces de entrada en la huella, luces de entrada lineales u otras luminarias que acentúen las contrahuellas o los escalones o los bordes que definen el cambio de elevación. La figura 15.13 ilustra un ejemplo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, el área de cobertura típica es "Sala o Área designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de la tarea".

m. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
INTERIORES RESIDENCIALES	(continuación)															
• Piscina y jacuzzi	Ver EXTERIORES RESIDENCIALES/Piscina y Jacuzzi para situaciones exteriores															
• En el jacuzzi	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de jacuzzis o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. Utilice más luminarias de menor potencia en lugar de menos luminarias de mayor potencia.															
• En la piscina	Esta aplicación altamente especializada suele abordarse mejor con equipos y diseños recomendados por los proveedores de piscinas o iluminación. Consulte con los proveedores correspondientes. No centre las luces en los carriles de natación de las piscinas de entrenamiento; utilice más luminarias de menor potencia en favor de menos luminarias de mayor potencia.															
• Terraza de la piscina y el jacuzzi	Se supone que la piscina y el jacuzzi deben estar iluminados internamente. La iluminación debe estar orientada hacia la piscina y la extensión real de la plataforma desde el borde de la piscina. Ev debe estar en planos perpendiculares al contorno de la piscina en dos direcciones principales de recorrido alrededor de la piscina.															
· Día	E_h @piso ; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		5:1			
· Noche	E_h @piso ; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.		5:1			
• Lectura y escritura	Según el nivel de concentración previsto y el área de cobertura en la ubicación respectiva y las suposiciones sobre los tipos de tareas. Alternativamente, consulte LECTURA Y ESCRITURA, establezca tareas y normalice la iluminancia de la tarea más importante o la tarea más común; utilice controles para proporcionar variabilidad de la iluminancia si las tareas así lo exigen.															
• Cabecera de cama	E_h y E_v @3' AFF, área pequeña	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Silla informal	E_h y E_v @2' 6" en áreas de asientos	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Escritorio	E_h @escritorio; E_v @4' AFF	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Costura																
• Costura o tejido a mano	E_h y Ev @2' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1			
Máquina (sin luz incorporada)	E_h y Ev @2' 6" AFF	S	375	750	1500	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		2:1			
Máquina (con luz incorporada)	E_h y Ev @2' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1			
• Entradas con portones al sitio	Vea 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ENTRADAS DE EDIFICIOS															
• Escalones/Escaleras	La iluminación debe centrarse en la zona de los escalones y los rellanos. Alternativamente, llame la atención sobre los cambios de elevación mediante contraste. K															
• General	E_h @ senderos	K	25	50	100	Prom.							5:1			
• Almacenamiento																
• Uso frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1			
• Uso poco frecuente	E_h @piso ; E_v @4' AFF	I	15	30	60	Prom.	F	5	10	20	Prom.		3:1			
• Bodega de vinos	El área de almacenamiento debe tener un sensor de ocupación para limitar la exposición a la luz.															
• Almacenamiento	E_h @piso ; E_v @4' AFF cara del estante	F	5	10	20	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	3:1		cara del estante	piso
• Degustación	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		5:1			
LECTURA Y ESCRITURA																
• Computadora	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado VDT															
• Lectores electrónicos																
Dispositivos de tinta electrónica	E_h y E_v @altura del dispositivo	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1			
• Dispositivos LCD o LED	E_h y E_v @altura del dispositivo	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• Fax																
• Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Trabajo escrito a mano	Basado en caligrafía/impresión a mano de regular a buena sobre papel blanco o canario															
• Lápiz																
· Grafito/HB	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6			
· Rojo	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6			
Bolígrafo/Puntarodante/Fibra(Plumón)																
· Negro	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6			
· Rojo, verde, azul	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	Q	200	400	800	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		ver Tabla 12.6			

Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene. Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura: 1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales (continuación en la página siguiente)

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) [b c d]									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LECTURA Y ESCRITURA	(continuación)										
• Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado de VDT										
• Medios impresos	Generado por prensa de impresión digital, papel blanco										
• Fuente de 6 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Fuente de 8 y 10 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Fuente de 12 puntos											
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantalla y teclado VDT											
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO										
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO										
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Xerógrafo	Copiadora e impresora generada en papel blanco										
Tipo ≥ 8 puntos, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos)										
· Color											
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
Impresión en escala de grises y/o B+N											
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					

Notas para la Tabla 33.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 33.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 33.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 33.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Consulte la Tabla 26.41 Definiciones de zonas de iluminación exterior nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas oscuras de funcionamiento donde la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

j. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

k. La identificación de los cambios de elevación se puede lograr con iluminación sobre el área de interés o introduciendo iluminación de contraste en el cambio de elevación, como se puede lograr con luces de paso, luces de entrada en la huella, luces de entrada lineales u otras luminarias que acentúen las contrahuellas o los escalones o los bordes que definen el cambio de elevación. La figura 15.13 ilustra un ejemplo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, el área de cobertura típica es "Sala o Área designada". Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de la tarea".

m. Las elevaciones Eh y Ev se basan en la superficie de trabajo convencional y la altura de los ojos sentados. Cuando se programan otras elevaciones, el diseñador debe ajustar los planos de interés de los criterios de iluminancia en consecuencia.

Tabla 33.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Residenciales

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades; Max:Prom. Prom.:Min Max:Min)	[f] [g] Área Típica de Cobertura[h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
LECTURA Y ESCRITURA	(continuación)													
• Computadora portátil	Ver LECTURA Y ESCRITURA/Pantalla y Teclado de VDT													
• Medios impresos	Generado por prensa de impresión digital, papel blanco													
• Fuente de 6 puntos														
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6		
• Fuente de 8 y 10 puntos														
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		
• Fuente de 12 puntos														
· Papel mate y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Papel especular y tinta	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		
• Pantalla y teclado VDT														
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO													
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		
• CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO													
· Polaridad positiva	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Polaridad negativa	E_h @2' 6" AFF; E_v @3' 6" AFF[m]	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.	ver Tabla 12.6		
• Xerógrafo	Copiadora e impresora generada en papel blanco													
Tipo ≥ 8 puntos, gráficos comunes	Seleccione progresivamente la categoría de letra inmediatamente superior de iluminancia por cada disminución de 2 puntos en las fuentes/gráficos)													
· Color														
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6		
Impresión en escala de grises y/o B+N														
· Analógico	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	P	150	300	600	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	ver Tabla 12.6		
· Digital	E_h @2' 6" AFF; E_v @4' AFF[m]	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	ver Tabla 12.6		

Cuadro **33.3 |** Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	Conversión Tosca
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	Conversiones Convenientes [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

En el caso de la iluminación exterior, el uso de luminarias ópticamente apropiadas y controles automatizados mejora en gran medida la conservación de la energía y las condiciones del entorno nocturno. La atenuación automática de la iluminación o el apagado de la misma en un horario predeterminado es una buena práctica, si no es que es obligatoria. La iluminación se puede apagar por completo en el horario de queda y transferir la operación a sensores de movimiento o interruptores temporizados. Se pueden utilizar ópticas para minimizar la dispersión de luz hacia los sitios adyacentes o hacia el cielo. Sin embargo, como ilustra la Figura 33.2, las geometrías arquitectónicas simples y la ubicación de las luminarias también pueden limitar la dispersión de luz. En el caso de la dispersión hacia el cielo, se debe limitar el uso de luces ascendentes y sus reflectores deben diseñarse para dirigir la luz hacia superficies u objetos verticales. Esto generalmente requiere una orientación cuidadosa, el uso de rejillas, deflectores, viseras y accesorios para casquillos de lámparas. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la casa o en la que el equipo de diseño y el propietario eligen diseñar establece las categorías de iluminancia para las tareas al aire libre. Las zonas de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar de los equipos. La iluminación de seguridad que vaya más allá de las recomendaciones citadas en la Tabla 33.2 debe implementarse con gran deliberación y cuidado. Sin programas de monitoreo y otras medidas de seguridad, la iluminación adicional puede resultar inútil, además de un desperdicio de energía y una fuente de irritación para los vecinos.

33.2.1.1 ENTRADAS A EDIFICIOS

La Tabla 33.2 describe los criterios de iluminancia para las entradas residenciales primarias y secundarias. Las iluminancias en las entradas de los edificios se definen en el exterior inmediato con respecto a la iluminancia horizontal en el umbral (para el ancho de la puerta) y la iluminancia vertical dentro de una zona de 3 pies de la entrada. La iluminancia vertical puede impulsar la iluminancia horizontal más alta que los criterios según el equipo de iluminación y el diseño utilizado. La iluminancia vertical en la cara y el cuerpo de un visitante que se acerca es importante. Los colores de la ropa y los tonos de piel se reproducen mejor cuando el CRI de la lámpara es ≧82. Cuando se desea un color de luz cálido, la temperatura de color debe ser de 2700 K a 3000 K. Se puede determinar que las entradas secundarias no deben estar iluminadas, excepto por motivos de seguridad. La iluminación de seguridad debe estar en interruptores temporizados y sensores de movimiento para limitar su uso al momento en que sea necesario. La luz suave y difusa es mejor para limitar el deslumbramiento molesto a los propietarios que están lejos. Alternativamente, se pueden utilizar ópticas y visores bien

controlados para lograr una mayor iluminación en propiedades más grandes y limitar la intrusión de luz. Cuando se planea vigilancia electrónica, es necesaria una estrecha coordinación con el asesor de seguridad. Las cámaras sensibles a la radiación infrarroja pueden detectar visitantes o intrusos y mostrarlos en monitores de video. Esto evita la necesidad de un funcionamiento continuo de la iluminación eléctrica.

33.2.1.2 CAMINOS DE ENTRADA

Una parte del camino de entrada, normalmente una sección corta cerca de la acera principal o la calle si ambas no están iluminadas públicamente, y cualquier cambio de elevación a lo largo del camino se iluminan en menor grado que la entrada por razones de eficiencia y para preservar el entorno nocturno mientras se cumplen los requisitos de visión para el movimiento. Esta iluminación no está destinada a aplicarse uniformemente a todo el camino para caminar y está destinada a ayudar al visitante a navegar iluminando los puntos clave de interés.

33.2.1.3 TERRAZAS DE LA PISCINA

Se presume que las piscinas están iluminadas internamente. Esto define el borde de la piscina y la terraza y proporciona una iluminancia vertical de bajo nivel en la terraza cercana a la piscina. Esto es suficiente para iluminar suavemente los rostros de los invitados. Para navegar por la terraza de la piscina, se utilizan iluminancias bajas en áreas de circulación predeterminadas y en los puntos de acceso a la terraza. Esto puede ocurrir en el perímetro de la terraza de la piscina y establece un área social entre la piscina iluminada y este perímetro iluminado. Al igual que en los pasillos de entrada, la luz se utiliza aquí para desplazarse de un área a otra y no se aplica de manera uniforme en todas partes. Como en todas las aplicaciones, cumpla con todos los requisitos del código.



FIGURA 33.3 | ÁREA DE ACTIVIDADES EN LA RAMADA

Un área de estar está iluminada con un total de ocho de luz hacia abajo montados en la superficie. Cada luz hacia abajo exhibe una óptica fija ligeramente en ángulo con una lámpara halógena IR de 40 W/PAR20/WFL. Las luces hacia abajo están equipadas con una lente de propagación lineal para distribuir aún más la luz y reducir el deslumbramiento directo. Dos jardineras están acentuadas con lámparas halógenas LV de 20 W/MR16/NSP individuales en luminarias de acento ajustables de boquilla profunda. Esta acentuación perimetral actúa en conjunto con el pozo de fuego lineal en el extremo izquierdo y la piscina en el extremo derecho para abordar los modos de iluminación perimetral identificados en la Tabla 12.2 para preferencia y relajación. La iluminación de la piscina se logra con luminarias LED RGB en la piscina (configuradas aquí en azul saturado). Todas las luminarias tienen control de escena preestablecido y se pueden controlar mediante dispositivos inalámbricos portátiles.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

33.2.1.4 ÁREAS SOCIALES

Los cenadores o ramadas u otras áreas semiprotegidas establecen puntos de reunión para socializar. Si están programados para usarse como áreas de barbacoa, juegos o lectura, son necesarias iluminaciones que respalden esas actividades. Sin embargo, se debe advertir a los propietarios de viviendas que estas iluminaciones son bajas en comparación con las contrapartes interiores por varias razones: la naturaleza informal del entorno exterior y la impracticabilidad de proporcionar iluminaciones interiores en un entorno de este tipo. La iluminación debe abordar sólo el área de tareas y las uniformidades dentro de esa área pueden ser amplias. La Figura 33.3 ilustra la iluminación para un área de lectura y juego de cartas en una ramada.

33.2.1.5 CAMINOS DEL SITIO, RAMPAS, ESCALERAS Y ESCALONES

Los caminos del sitio se pueden abordar de manera similar a los caminos de entrada con iluminación que ayude a identificar puntos clave a lo largo del camino para permitir la navegación sin iluminar uniformemente todo el camino. Las iluminancias muy bajas y las relaciones de uniformidad amplias crearán este efecto. Cuando los caminos presentan curvas cerradas o están ubicados en terreno irregular, puede justificarse una aplicación más uniforme de la luz. El diseñador se enfrenta al desafío de proponer el camino de mayor prominencia y, por lo tanto, el camino que merece luz. De lo contrario, un sitio entero puede iluminarse sin darse cuenta. Las rampas, escaleras y el escalón ocasional deben marcarse con luz.

33.2.1.5 PAISAJES

No hay criterios de iluminancia para paisajes citados en la Tabla 33.2. La iluminación del paisaje puede proporcionar un acento periférico y cierto grado de seguridad al limitar las áreas oscuras de cobertura y siluetear el movimiento del primer plano. En aplicaciones residenciales, las lámparas típicamente de 20 W o menos con extensiones de haz típicamente más estrechas que 25° en luminarias con persianas o viseras son suficientes para acentuar suavemente los elementos clave del paisaje al tiempo que limitan los efectos de la intrusión de luz y la contaminación lumínica. El equipo ajustable debe exhibir inclinación y rotación de bloqueo para mantener la orientación adecuada. Los relojes automáticos deberían apagar la iluminación de los árboles a una hora razonable para facilitar la observación de las estrellas. Véase la Figura 33.4. Los paisajes pueden beneficiarse de lámparas de alta temperatura de color o luminarias equipadas con geles azul-verdes. Dado que los efectos coloridos pueden provocar una reacción severa, estos efectos deben analizarse con el propietario de la vivienda. Las maquetas son una excelente manera de explorar el uso de color o incluso lámparas que presenten temperaturas de color $\geqq$ 4100 K.



FIGURA 33.4 | ILUMINACIÓN DEL PAISAJE

Un árbol de mezquite está iluminado desde arriba con tres luminarias, cada una con lámparas halógenas de bajo voltaje de 20 W/MR16/NSP en acentos de pico profundo. Las luminarias están dirigidas hacia la estructura de la rama central del dosel. El uso de equipos de bajo voltaje y bien controlados es una forma adecuada de proporcionar una iluminación suficiente para disfrutar del aire libre desde cerca. Este árbol está ubicado en un extremo de una terraza para barbacoa y ayuda a definir el límite y sirve como telón de fondo para una conversación sentada. Se deben usar relojes para apagar las luces en un toque de queda razonable.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.

33.2.2 INTERIORES RESIDENCIALES

Para esta discusión sobre interiores, las necesidades de iluminación de los residentes en viviendas unifamiliares independientes y adosadas y en las áreas habitables de dúplex, apartamentos, condominios u otros complejos similares se consideran durante las horas del día y de la noche. Para áreas públicas en las operaciones más grandes, vea las aplicaciones relevantes en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES y 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES. Vea la Figura 33.5. Para situaciones de vida asistida, haga referencia a las aplicaciones relevantes en 27 | ILUMINACIÓN PARA ATENCIÓN MÉDICA. Para interiores residenciales, varias condiciones influyen en la iluminación:

• Estilos arquitectónicos y de interiores

• Número y edades de los ocupantes

• Horas principales de uso

• Actividades de la vida

• Sustentabilidad

A diferencia de los proyectos comerciales, cívicos e institucionales, los diseños arquitectónicos e interiores residenciales suelen ser fuertes reflejos del sentido del estilo de los propietarios. La iluminación debe responder a estilos tradicionales, de transición, contemporáneos o eclécticos a través de estilos de luminarias y los tipos de efectos de iluminación. Revisar las selecciones de luminarias y los efectos de iluminación con el propietario de la vivienda es un componente clave del proceso de diseño.

El número de ocupantes y sus edades pueden influir en la diversidad de técnicas de iluminación e iluminancias disponibles en toda la residencia. La iluminación de los dormitorios y las salas de juegos para personas menores de 25 años puede ser un medio conveniente para abordar las posibles diferencias estéticas y de iluminancia. Cuando se trata de una familia numerosa con miembros jóvenes y mayores, el diseño debe revisar los espacios y tareas respectivos y discutir con el propietario de la vivienda las opciones para abordar las diferencias de edad. Los controles pueden ayudar a satisfacer las distintas necesidades en función de la ocupación, las tareas y la hora del día. Sin embargo, para que estos sean exitosos, su funcionamiento debe ser bastante sencillo.

Algunas residencias requieren un funcionamiento de casi 24 horas, mientras que otras se utilizan principalmente durante las horas de oscuridad de los días laborables y las horas de luz del día los fines de semana. Los patrones de uso pueden influir en las decisiones y los controles de iluminación. Las estrategias de iluminación natural pueden no tener los beneficios de sostenibilidad si contribuyen poco a reducir el uso de luces eléctricas durante la demanda máxima de servicios públicos de los días laborables e incluso pueden contribuir desfavorablemente a la carga de refrigeración de los días laborables. Por otro lado, hay que tener en cuenta el valor que la vivienda representa para los futuros propietarios. Son aspectos que se deben analizar con el propietario.

Las actividades de la vida cotidiana influirán en los tipos de aplicaciones y tareas que se realizarán, afectarán las prioridades de diseño y afectarán los tipos y la cantidad de áreas definidas en la casa. Algunos propietarios son bastante activos y tendrán áreas interiores y exteriores y equipos para apoyar los deportes o las actividades de ejercicio. Algunos propietarios dedican su vida a criar a sus hijos y, más tarde, a sus nietos. Otros propietarios son aficionados y pueden participar en actividades como tejer o coleccionar muñecas, sellos o monedas. Otros cocinan. Algunos son aficionados al cine. A algunos les gusta recibir invitados. Algunos hogares abarcan todas estas actividades. Un buen programa detallará las actividades de la vida cotidiana, describirá los requisitos de espacio y área y puede servir como un esquema de las necesidades de iluminación.

El uso y el mantenimiento de la energía son aspectos de sostenibilidad que deben pesar en las selecciones de diseño de los diseñadores y los propietarios. Las lámparas eficientes y de larga duración pueden dar como resultado cargas conectadas bajas. Las luminarias con casquillos dedicados pueden garantizar esta carga baja a lo largo del tiempo. Los controles pueden tener una influencia positiva en el uso de la energía. Los sensores de vacancia simples pueden apagar las luces en habitaciones desocupadas, reduciendo así el uso de energía y extendiendo la vida útil de lámparas y balastos, controladores y transformadores.



FIGURA 33.5 | APLICACIÓN COMÚN: VESTÍBULO DE CONDOMINIOS

Los criterios de iluminancia para vestíbulos y corredores de circulación de apartamentos y complejos de condominios se abordan en la Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes/Espacios de Transición. Aquí, los apliques de pared con pantalla de tela con lámparas fluorescentes compactas de 13 W contribuyen a una atmósfera residencial. Los acentos ajustables con lámparas de inundación de haz de 25° de 20 W/PAR20/CMH resaltan la obra de arte. El marco de madera en la pared del ascensor está iluminado con bañadores de pared fluorescentes compactas de 26 W. Una luminaria empotrada lineal, continua y con lentes de 2 W de ancho y 4' de largo en el cabezal del ascensor ilumina el umbral. Todas las lámparas exhiben una CCT de 3000 K y un CRI de ≧ 82. La luz natural en combinación con la luz eléctrica se utiliza para abordar los criterios de iluminancia diurna.

» Imagen ©Christopher Lark

Las aplicaciones y tareas descritas en la Tabla 33.2 son extensas, si no exhaustivas, y muchas se explican por sí solas. Sin embargo, como sucede con casi todos los esfuerzos de diseño de iluminación, el diablo está en los detalles. Identificar aplicaciones o tareas, seleccionar un objetivo de iluminancia y disponer el equipo de iluminación para abordar ese objetivo es una gran simplificación del proceso de diseño. Los componentes de diseño descritos en los Capítulos 12, 14 y 15 no deben descartarse. Incluso dentro del aspecto más analítico de disponer el equipo para cumplir con las iluminancias, deben entenderse las razones para introducir luz. Por ejemplo, ¿por qué iluminar un garaje? Se me ocurren muchas respuestas, pero tal vez no cargar o descargar el automóvil. Para actividades tan comunes, la iluminación natural y eléctrica debe diseñarse para iluminar los lados del vehículo, permitiendo así que algo de luz ingrese a las ventanas y puertas laterales, preferiblemente desde ambos lados, y ayude con los requisitos visuales de carga y descarga. Este enfoque de luz lateral también reduce las sombras comunes al abrir capós, baúles y escotillas. Lo que sigue son breves anotaciones sobre la iluminación de algunas aplicaciones y tareas residenciales interiores.

33.2.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación se utiliza para abordar las impresiones subjetivas identificadas en el Capítulo 12. La acentuación puede tomar varias formas, incluyendo: arte; pared decorativa; perímetro; y punto focal significativo. Las figuras 33.6, 33.7 y 33.8 identifican algunas técnicas para lograr algunas formas de acentuación. Particularmente en residencias unifamiliares, el acceso a técnicas de tragaluz y triforio puede conducir a soluciones efectivas de acentuación de la luz natural. En cualquier caso, la acentuación no necesita consumir mucha energía y típicamente es más eficiente y visualmente interesante que usar iluminación general de alto rendimiento.



FIGURA 33.6 | ACENTUACIÓN DEL ARTE
Aunque el objetivo de iluminación y la uniformidad son importantes, otros criterios de diseño incluyen: la escala de la abertura de la luminaria; la altura del cielorraso; y el medio de la obra de arte. Aquí, se utilizan cuatro acentos ajustables con orificios, cada uno con una lámpara halógena de baja tensión de 20 W/MR16/VNSP y equipada con filtros de difusión suave y UV.

» Imagen ©Gary Steffy Lighting Design Inc.



FIGURA 33.7 | ACENTUACIÓN DEL PERÍMETRO

Las aberturas para la luz natural se ubican estratégicamente para bañar la pared de piedra y equilibrar el brillo de otros medios de luz natural. En esta ubicación y en este ángulo, es menos probable que los tragaluces creen deslumbramiento para las personas en el área de estar que los tragaluces ubicados directamente sobre el área de estar.

» Imagen ©Eugeni Pons/Arcaid/Corbis



FIGURA 33.8 | MURO DE ACENTO

Se coloca un tragaluz para que la luz natural roce esta pared de azulejos e introduzca luz general en las inmediaciones de la bañera. La geometría del tragaluz se puede diseñar para limitar el deslumbramiento directo durante la función más relajada del baño. La iluminación eléctrica también debe abordar el deslumbramiento directo en estas situaciones.

» Imagen ©Elizabeth Whiting & Associates/Corbis

33.2.2.2 BAÑOS

En un esfuerzo por abordar todos los requisitos de las tareas, la iluminación general por sí sola no aborda ninguno muy bien en los baños. La iluminación funcional de la tarea puede ser apropiada sin el deslumbramiento y las sombras comunes con una o dos luminarias de cielorraso de alto rendimiento o un campo de luces empotradas. El uso dirigido de la energía de la iluminación es más eficiente con un enfoque funcional de la tarea. El aseo es una tarea especialmente significativa, tanto en consumo de tiempo como en valor de autoestima y la iluminación juega un papel valioso y exige una iluminación frontal del rostro. El diseñador debe determinar el alcance y la prioridad de las tareas del baño para un propietario determinado. En algunas situaciones, el aseo puede tener lugar en tocadores para sentarse y los valores E_v citados en la Tabla 33.2 deben aplicarse entonces a una posición sentada a la altura de los ojos correspondiente a la posición sentada a la altura de una silla o taburete. Leer en el baño puede ser un deseo o requisito de los propietarios para el que se realiza una revisión de las tareas de lectura, como la fuente de 12 puntos en LECTURA Y ESCRITURA en la Tabla 33.2. La Figura 33.9 ilustra varios enfoques de iluminación para un baño principal. Aunque las luces empotradas por sí solas pueden considerarse expeditivas, el deslumbramiento y las sombras son efectos secundarios graves a menos que se tenga mucho cuidado en la selección de la óptica y las lámparas. Las luces empotradas se utilizan para iluminar la parte superior de la cabeza, abordando así la cita de la Tabla 33.2 de INTERIORES RESIDENCIALES/Baños/Tocadores/Parte Superior de la Cabeza.

33.2.2.3 DORMITORIOS

Los dormitorios pueden ser los espacios más multifuncionales de una casa. Leer por placer, mirar televisión, navegar por Internet, vestirse, actividades amorosas y estudiar o trabajar en un escritorio son algunas de las funciones. Además de una variedad de efectos de iluminación, generalmente se emplean controles para abordar la variabilidad deseada. Leer por placer en la cama puede implicar controles separados para cada lado de la cama. Si existe una necesidad programada de luz de lectura para una parte independientemente de la otra, pueden justificarse luminarias de mesa ópticamente bien controladas, luminarias de pared de cuello de cisne o incluso orificios de cielorraso. El equipo de diseño debe tener cuidado de adaptar el ciclo de sueño sin luz. Cuando se considere apropiado el uso de luces nocturnas, puede ser conveniente colocar estratégicamente una o varias claraboyas integradas en la arquitectura. Para limitar las

perturbaciones del sueño, estas deben estar conectadas a sensores de ocupación en temporizadores o fotocélulas. Para limitar mejor las perturbaciones del ritmo circadiano durante el ciclo de sueño, son adecuadas las fuentes de longitud de onda larga, como los LED, que producen espectros entre 600 y 620 nm. Sin embargo, no debe haber una vista directa de la fuente o del medio óptico y las iluminancias deben ser extremadamente bajas.

33.2.2.4 CIRCULACIÓN

Cuando se considera necesaria la iluminación de circulación y la iluminación general en toda una residencia, no es necesario y, por lo general, no se logra con un sistema de iluminación completo y claramente separado. Después de desarrollar estrategias de diseño para abordar los acentos y la serie de otros requisitos de aplicación y tarea en una casa, se realizan verificaciones de cálculo. Cuando los resultados de iluminancia están por debajo de los objetivos de diseño para la circulación, entonces es necesario un trabajo de diseño adicional. Esto puede implicar iluminación de acento adicional, iluminación decorativa adicional o la introducción de iluminación con el fin de cumplir con el objetivo de iluminancia de circulación. Esto puede ser iluminación natural o iluminación eléctrica o ambas para adaptarse a situaciones de día y de noche. En diseños abiertos, las zonas de circulación pueden ser obvias, pero no existe un corredor designado o amurallado. Aquí, los criterios de iluminación están bastante directamente relacionados con la iluminación del área adyacente.

33.2.2.5 ARMARIOS

El espacio del armario siempre es escaso. Los armarios suelen ser pequeños y potencialmente equipados con estantes del ancho del armario hasta el cielorraso, cajones, barras para colgar o alguna combinación. La naturaleza misma de la ropa y la mayoría de los artículos almacenados, excepto la ropa blanca, hacen que la habitación tenga una baja reflectividad. Los requisitos del código sobre los tipos de luminarias y su proximidad a la ropa y a los estantes de almacenamiento dan como resultado poca flexibilidad para los tamaños y las ubicaciones de las luminarias en los armarios pequeños. En algunas situaciones, el armario es tan pequeño que no se puede acomodar un diseño de iluminación que cumpla con el código y puede ser necesario montar el equipo de iluminación fuera del armario. En estas situaciones, el diseñador debe considerar con más cuidado varios elementos en el contexto del espacio adyacente:

• colocación y orientación de la luminaria para limitar los efectos de la sombra corporal de los usuarios

• estilo y escala de la luminaria

• controles como teclado o interruptor, interruptor activado por puerta o sensor de ocupación

En los vestidores, las necesidades pueden ser múltiples y quizás para diferentes usuarios. Los controles preestablecidos pueden ayudar a establecer la iluminación apropiada para cada función y usuario. Para situaciones de vestidores, es necesaria la iluminación frontal para los usuarios que están de pie frente a un espejo (ver Figura 33.10). Cuando el maquillaje y el arreglo personal se acomodan con espejos en quizás un área para sentarse, es necesaria la iluminación facial a la elevación apropiada. Los criterios para estas diversas tareas de la Tabla 33.2 se pueden usar para establecer varias escenas. La discriminación de colores, entre azul marino, negro y marrón oscuro, por ejemplo, puede acomodarse mejor con la introducción de algo de iluminación de acento dirigida a un tocador o superficie de clasificación. La iluminación natural es extremadamente útil, pero tiene obvias limitaciones de disponibilidad. Las lámparas deben presentar CRI ≧ 85. Para evitar los efectos de las deficiencias espectrales de cualquier fuente de luz, es beneficioso mezclar tecnologías de lámparas. Una combinación de algo de iluminación fluorescente con algo de iluminación LED o halógena IR ofrece una buena discriminación y coincidencia de colores cuando se utiliza toda la iluminación simultáneamente.







FIGURA 33.9 | ESPEJOS DE TOCADOR

La iluminación integrada en los espejos de tocador responde a los criterios de higiene personal en los tocadores del baño principal moderno de la imagen superior. Las lámparas fluorescentes compactas regulables de gran tamaño presentan un CCT de 3000 K y un CRI de ≧ 82. Los apliques de pared logran un resultado similar en un entorno más tradicional en la imagen del medio. Las imágenes del medio y de la parte inferior muestran claramente el efecto de la iluminación vertical en el rostro generada por luminarias bien ubicadas.

» Imagen superior ©Glen Calvin Moon

» Imagen del medio ©Felix Wirth/Corbis

» Imagen inferior ©Trinette Reed Blend Images Getty

33.2.2.6 SALAS DE ESTAR Y SALAS FAMILIARES

Las salas de estar y familiares han evolucionado con la tecnología y el estilo de vida. Los televisores se han trasladado a habitaciones dedicadas a su uso, como salones multimedia o cines en casa. Las salas de estar y familiar son una misma habitación en muchas residencias y funcionan como áreas de conversación y lugares para leer y entretenerse por placer. La Figura 33.11 ilustra una habitación que funciona como sala de estar y familiar y la iluminación empleada para abordar las respectivas señales arquitectónicas, impresiones subjetivas y criterios de luminancia e iluminancia.

33.2.2.7 COCINAS

La iluminación para cocinas de trabajo es más exitosa cuando los acabados de las superficies son mate y de alta reflectancia. Los gabinetes, las encimeras, los salpicaderos y los pisos oscuros contribuyen a una apariencia general oscura, aunque muy dramática, y exacerban las sombras. Las encimeras de piedra negra pulida exhiben reflejos de velo molestos, si no un deslumbramiento incómodo causado por los reflejos de la luminaria. La iluminación puede ser eficiente y agradable y, sin embargo, cumplir con lo que parecen ser criterios de iluminancia exigentes. Consulte la Figura 33.12.

33.2.2.8 SALAS MULTIMEDIA

Los cines en casa están evolucionando hacia salas multimedia para dar cabida a la creciente variedad de entretenimiento multimedia. En los lugares donde se programan los cines en casa, los asientos pueden estar escalonados, como en una sala de cine, y la experiencia está pensada para ser muy parecida a la de un cine. Los controles desempeñan un papel al permitir desvanecimientos lentos desde configuraciones relativamente brillantes a configuraciones oscuras de cine. Se espera que la iluminancia vertical en la pantalla de video sea muy baja para obtener el mejor contraste de imagen. Los acabados afectan la calidad general de la luz, incluso en la escena oscura de cine, ya que la pantalla emite suficiente luz para iluminar las superficies de la sala y, en consecuencia, las superficies más claras pueden generar una experiencia indeseablemente brillante. Por otro lado, a medida que avanzan las tecnologías de pantallas de video, la luminancia de la pantalla mejora hasta el punto en que es deseable cierta luminancia de fondo. La iluminación de fondo suave y las superficies de tonos más claros minimizarán el reflejo de la pantalla y la fatiga visual. El diseñador debe evaluar el uso que los propietarios pretenden dar a la sala de medios y la luminancia de la pantalla para determinar los criterios de iluminación adecuados. En algunas situaciones, las salas de medios sustituyen a la tradicional sala de televisión donde se leía por placer, se conversaba y se entretenía. Se deben hacer adaptaciones para que las tareas de lectura y conversación se realicen junto con la televisión. En este caso, la iluminancia vertical de la pantalla de vídeo no es tan importante como la de la experiencia de cine, pero sí es importante para el reconocimiento facial para la conversación y para adaptarse a las distintas posiciones del material de lectura.



FIGURA 33.10 | ESPEJO DE TOCADOR
Los espejos de cuerpo entero funcionan bien cuando hay una iluminación difusa frontal disponible en toda la superficie del cuerpo. Las luminarias de montaje en superficie o semiempotradas con lentes opalinas, los tragaluces eléctricos y los apliques de pared son opciones efectivas. Las luminarias de luz hacia abajo de haz estrecho o incluso ancho generalmente no son exitosos ya que crean sombras duras en la superficie del cuerpo, lo que a veces crea vistas poco favorecedoras.

» Imagen ©Adrian Wilson/Corbis



FIGURA 33.11 | SALAS DE ESTAR Y SALAS FAMILIARESD

Las claves arquitectónicas del cielorraso estilo catedral y la enorme pared de la chimenea ayudaron a establecer estrategias de diseño de iluminación. La definición espacial y la preferencia sugirieron técnicas de iluminación de paredes y de acentuación artística (de la Tabla 12.1b | Factores Espaciales: segunda parte y la Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas respectivamente). Los criterios de iluminación para la sala de estar y la sala de lectura/escritura/silla informal se utilizaron para finalizar la instalación de lámparas en la luz ascendente de la cornisa y la cantidad, la posición y la potencia de las luces descendentes.

» Imagen ©Glen Calvin Moon

Cuando se trata de actividades de juego, el piso no está escalonado y el sistema de iluminación y los controles de iluminación deben estar diseñados para adaptarse a la experiencia del teatro y las experiencias de juego, de las cuales puede haber varias. El juego puede ser una experiencia interactiva inmersiva o puede ser una experiencia compartida de deporte activo. Cada una de estas debe estar iluminada para abordar el estado de ánimo y la función deseados. El juego inmersivo es típicamente un entorno más oscuro con toda la atención en la pantalla de video, mientras que el juego de deporte activo es típicamente un entorno más claro donde la atención visual alterna periódicamente de la pantalla a los participantes. A medida que estas tecnologías de video y juegos evolucionan, las soluciones de iluminación también deberían hacerlo. La Figura 33.13 ilustra variaciones sobre un tema para la experiencia del teatro.

33.2.2.9 OFICINAS

En el hogar, la oficina puede adoptar muchas formas y cumplir muchas funciones. Una oficina donde el trabajo desde "la oficina" se realiza de forma regular y quizás incluso a tiempo completo, debe estar iluminada para respaldar ese trabajo continuo, de ritmo rápido, productivamente preciso y a largo plazo. Sin embargo, cuando una oficina en el hogar se utiliza con poca frecuencia para las tareas domésticas de pagar facturas, hacer horarios familiares semanales o mensuales,

revisar y presentar estados financieros y navegar por Internet, que pueden realizarse a un ritmo y grado de contabilidad menos exigentes, la iluminación debe diseñarse en consecuencia.

33.2.2.10 LECTURA Y ESCRITURA

Las tareas de lectura y escritura ocurren dentro de varias aplicaciones. La familiaridad con estas tareas ayudará con la evaluación de tareas y actividades de aplicaciones específicas. Esto puede dar como resultado la recomendación de criterios de iluminancia diferentes a los propuestos en la Tabla 33.2 para una aplicación particular. Por ejemplo, si el propietario de la casa está inclinado o necesita leer documentos impresos en letra pequeña, como fuente de 6 puntos, entonces los criterios de iluminancia en las áreas donde se realizará esta lectura deben reflejar esto. Los lectores electrónicos pueden revolucionar la tarea de lectura. Las tecnologías empleadas en varias versiones de estos lectores determinan los criterios de iluminancia. A medida que estas tecnologías evolucionan, el diseñador necesita evaluar periódicamente los requisitos de iluminación y ajustar los diseños en consecuencia.







FIGURA 33.12 | COCINAS

El estilo arquitectónico y el gusto personal influyen en el diseño y el funcionamiento. La imagen superior ilustra una cocina y un comedor donde pequeños focos concentran la luz en la isla. La iluminación de trabajo debajo de los gabinetes, un pilar en muchas cocinas, cumple con los criterios de iluminación en las encimeras. Una luminaria colgante única en la mesa del comedor se combina con un detalle de ranura de pared con pantallas cerradas como superficie reflectante para lograr un aspecto dramático y un efecto espacioso. La imagen del medio ilustra la iluminación debajo de los gabinetes con lámparas colgantes de vástago corto de estilo tradicional para brindar una luz difusa general. En la imagen inferior, una disposición simple de lámparas colgantes indirectas lineales complementan la arquitectura moderna e iluminan el área de trabajo sin deslumbramiento. Las lámparas fluorescentes regulables T5HO exhiben un CCT de 3000 K y un CRI de ≧ 85. » Imagen superior ©Marc Gerritsen/Lived In Images/ Corbis

» Imagen del medio ©William Geddes Beateworks Corbis » Imagen inferior www.jmaconochie.com

33.3 / CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación, se incluyen notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 33.2.

33.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 33.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado hacer referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para los tipos de espacios o funciones cambian para adaptarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 33.2 para determinar si alguna aplicación o tarea presenta un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretenda hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

33.3.2 NOTAS

Las notas de la Tabla 33.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se realizan notas.

33.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea posible y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, se debe tener en cuenta la pérdida de luz prevista hasta el momento en que se cambien las lámparas. En el caso de las aplicaciones residenciales, esto puede no ocurrir hasta que la lámpara falle. Tener en cuenta la depreciación de la luz de la lámpara (LLD) hasta el final de su vida útil puede alterar enormemente los costos iniciales, los esfuerzos de energía y sostenibilidad y las iluminancias durante gran parte de la vida útil de la lámpara. En última instancia, esto es insostenible e inaceptable para la mayoría de los propietarios de viviendas. En la mayoría de las situaciones, los propietarios de viviendas comprenderán las consecuencias de una LLD deficiente resultante del reemplazo puntual de las lámparas en el momento en que falla la lámpara. La mayoría de los propietarios de viviendas aceptan la reducción gradual de la iluminancia a lo largo del tiempo de funcionamiento cuando la iluminancia no está vinculada a la seguridad o a los grados de precisión y velocidad necesarios en entornos comerciales e institucionales. Por lo tanto, una estrategia de diseño predeterminada basa las LLD en el reemplazo de lámparas en grupo para evitar lo que de otro modo sería el impacto de costos iniciales y operativos aún mayores y un rendimiento energético y de

sostenibilidad inferior. Esta condición de iluminancias finalmente cae por debajo de los criterios, pero las ramificaciones de la alternativa deben revisarse con el propietario de la vivienda. La depreciación por suciedad de las luminarias (LDD) se puede mantener a un nivel eficiente con una limpieza periódica, un concepto apreciado por muchos propietarios de viviendas.

Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 33.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión que se genera con un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia que se genera con valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. Un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del mismo debe coordinarse entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben reflejar, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para iluminar pizarrones blancos, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las cercanías o de cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito. En algunas situaciones, no se anticipa luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o que se recomienda cero luz para la tarea o aplicación.







FIGURA 33.13 | SALAS MULTIMEDIA

En la imagen superior se utilizan dos series de luces de paso para iluminar el perímetro del teatro. Una serie está ubicada en la posición tradicional cerca del piso y la iluminación hacia abajo sobre el piso. Una segunda serie, atenuada por separado de las luces de paso del piso, está ubicada cerca del cielorraso y orientada para iluminar el cielorraso proporcionando iluminación indirecta. La luz de paso está específicamente listada por UL/NRTL y etiquetada para tal aplicación en los EE. UU. Las luces descendentes con orificios proporcionan una luz general para leer y conversar. Las luces descendentes en la pantalla se pueden atenuar por separado para eliminar el lavado de la pantalla. Sólo se utilizan luces de paso de piso durante los espectáculos. La imagen del medio ilustra un aplique de pared tradicional y luces descendentes de mayor apertura. El cielorraso oscuro y la ubicación estratégica de las luces descendentes en la imagen inferior crean una imagen de pantalla de alto contraste incluso cuando se encienden las luces de la sala.

» Imagen superior ©Glen Calvin Moon

» Imagen central ©George Gutenberg/Beateworks/Corbis

» Imagen inferior ©Scott Van Dyke/Beateworks/Corbis

33.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Además, se espera que la mayoría de las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (E_h,) y un componente de iluminancia vertical (E_v). Cuando estos componentes de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en “Notas”. Por ejemplo, para tocadores de baño, las iluminancias horizontales se aplican a la encimera, mientras que las iluminancias verticales se aplican a la altura del plano de la cara de pie de 5' AFF orientado en la dirección que mira hacia el espejo. En situaciones en las que se diseña un tocador para sentarse, se debe establecer la altura de la encimera o mesa y de la cara sentada y se deben aplicar criterios a los respectivos planos de interés.

Para los planos relacionados con objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas”. Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son los más apropiados para la situación. Por ejemplo, en una cocina, E_v, en superficies de preparación (INTERIORES RESIDENCIALES/Cocina/Mesones de preparación), el número y la orientación de los puntos planos verticales evaluados dependen de la superficie de preparación. En un mostrador contra una pared de altura completa, los planos verticales de mayor interés son el que está frente al preparador y los dos planos perpendiculares al preparador (uno orientado hacia la derecha y otro hacia la izquierda). Los criterios se aplican a estos tres planos. En una isla o península que se puede utilizar desde más de un lado, hay cuatro planos de interés.

33.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el propietario. Puede determinarse que en una residencia donde quizás dos personas constituyen una mayoría, la "edad de diseño" es para un grupo de edad diferente para abordar a un pariente mayor o acomodar el propio deseo del propietario de seguir siendo residente de la casa durante mucho tiempo. Sin embargo, esto puede resultar en iluminación excesiva, iluminación insuficiente, iluminación intensa, disgusto visual o incomodidad visual para algunos residentes algunas veces. Vea 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.

33.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Estas se muestran en la Tabla 33.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

33.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se controlan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente. El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande. En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto. Los diseños deben

ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de los márgenes de tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

33.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de la superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar la incomodidad visual, el deslumbramiento y la tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a las iluminancias horizontales como a las verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (E_h). En algunas situaciones, en particular aquellas relacionadas con iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor se refiere a la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente sea la tarea visual, más ajustada será la relación. Las relaciones en muchas aplicaciones residenciales son relativamente amplias, lo que refleja la mayor diversidad de iluminancias que se toleran, incluso se disfrutan, en un entorno residencial.

33.0.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

33.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

33.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

33.3.5 MEJORA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Cuando los usuarios están dispuestos a ceder ante la automatización, se pueden utilizar fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas

de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas.

33.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como algunos televisores o computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambos, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican una probabilidad cierta; y todo blanco indica una probabilidad baja o nula. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y la dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden filtrar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. El cumplimiento de las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones de Intensidad de Luminaria y Luminancia Predeterminadas para Aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos de velo, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en lugar de sus contrapartes especulares.

33.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas. En algunas situaciones, como el acentuado, el área de “tarea” puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar una “pared característica” o un “perímetro”. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tareas y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tareas cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 33.2. Otra área de cobertura es la “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño bastante considerable que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada generalmente se establece mediante la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede ser establecida por el equipo de diseño o el propietario de la casa. Las citas de área de cobertura en la Tabla 33.2 se basan en nociones tradicionales.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

IESH/10e CSA/ISO

> 12,5 Factores de tarea

• para obtener información sobre las calidades de la pantalla de la computadora CSA/ISO

33.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para unidades de vivienda residencial y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES y 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos, en particular en lo que se refiere a las áreas comunes en complejos residenciales.

A diferencia de la mayoría de los otros tipos de aplicaciones, una residencia suele estar habitada por un pequeño número de ocupantes. Uno o dos de estos ocupantes, el propietario, normalmente está a cargo de expresar las necesidades y deseos de la familia y de tomar decisiones. El diseño debe adaptarse a estas necesidades y deseos muy específicos.

La programación debe incluir información sobre el estilo de vida personal para que la iluminación sea exitosa. Quiénes utilizarán qué habitaciones de forma exclusiva, mayoritaria, rara vez o colectivamente puede ayudar a definir o refinar las tareas y la edad visual del usuario o usuarios. Es imprescindible conocer las preferencias del propietario en cuanto a color, niveles de luz, brillo, tecnologías manuales y automatizadas, estilo y diseño. También es necesario comprender las prioridades del propietario, como los costos iniciales y operativos, el plazo de entrega, la comodidad, la sostenibilidad y el ciclo de vida del proyecto. Los detalles sobre la vida varían desde las necesidades de entretenimiento hasta cuánto tiempo se pasa en casa y en qué momento. La iluminación sólo se puede adaptar adecuadamente al estilo de vida de una persona o familia cuando se han investigado los detalles del estilo de vida.

Además, a diferencia de la mayoría de las otras aplicaciones, algunos propietarios tienen una inclinación por liderar los movimientos de estilo o tecnología. Pueden existir oportunidades para implementar técnicas únicas, incluso no probadas. Estas incluyen la ubicación y la configuración y orientación del edificio para optimizar la luz natural y la introducción de nuevos sistemas de generación y distribución de energía para la iluminación que pueden ser demasiado exóticos o costosos para aplicaciones comerciales a gran escala.

Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave del diseño incluyen, entre otros:

- diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto
- utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia
- utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida
- utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia
- utilizar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario
- utilizar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas
- establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas
- establecer diseños que cumplan exactamente con los criterios de iluminancia recomendados por IES
- abordar las necesidades ambientales al aire libre

• utilizar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos
• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sostenibilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la posterior disposición por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selecciones de luminarias y lámparas.

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los observadores, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, como tampoco cuántos recursos menos se podrían utilizar y ahorrar, así como el costo total del proyecto, el valor que se ahorró con la ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de más abajo para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas realistas y coordinadas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

IESH/10e RECURSOS DE ECONOMÍA

> 15.3.3 Presupuestos

• para más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para más información sobre estimación de costos

• para más información sobre costos del ciclo de vida

• para más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 17.2 Nueva construcción

• para más información sobre diseño para iluminación natural

• para más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y estándares de iluminación

• para más información sobre estándares de aplicación

• para más información sobre regulaciones de equipos

IESH/10e RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

> 12.5.5.6 Iluminancias exteriores nocturnas

• para más información sobre eficacias de lámparas bajo adaptación mesópica

> 261 ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para más información sobre criterios

LESH/10e RECURSOS DE SUSTENTABILIDAD

> 13.11 Sustentabilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre controles

• para más información sobre recursos de la tierra

• para más información sobre energía

• para más información sobre análisis del ciclo de vida

• para más información sobre diseño de iluminación

• para más información sobre reciclaje

33.5 REFERENCIAS

[1] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. 2010. U.S. Residential Electricity Consumption by End Use [Internet]. DOE. [cited September 2010]. Available from: http://tonto.eia.doe.gov/ask/electricity_faqs.asp.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 18.

[3] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. Design criteria for lighting interior living spaces ANSI/IESNA RP-11-95. New York: IESNA. 59 p.

[4] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. Lighting and the visual environment for senior living ANSI/IESNA RP-28-07. New York: IESNA. pp. 8-10.



©John Edward Linden/Beateworks/Corbis

34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA MINORISTA

Llevo a mi familia de compras. Los mercados del mundo.

Edgar A. Guest, poeta del siglo XX

CONTENIDO

Ir de compras puede ser un pasatiempo para algunos, pero una necesidad para muchos. Desde comida hasta ropa, pasando por productos electrónicos, papel y bolígrafos, hasta vehículos y su mantenimiento y combustible, muchas compras son una parte integral, si no esencial, de la vida de las personas. La mayoría de las compras se realizan en entornos tradicionales de ladrillo y cemento, donde las experiencias de los compradores en tiendas y centros comerciales afectan las percepciones y la lealtad a la marca.

El diseño atractivo de las tiendas se ha citado como un factor que contribuye a la marca [1]. La iluminación influye, si no crea, entusiasmo. Esto no disminuye otros atributos de larga data de la iluminación en el comercio minorista, que son la atracción visual y la inspección de los productos. Al igual que en la mayoría de las demás aplicaciones, el verdadero resultado final no debería ser asegurar una iluminación rápida y barata para los productos en el momento de la construcción del proyecto, por lo que equivale a una ganancia fugaz de quizás una décima parte de un punto porcentual, si eso es así, en los costos de construcción. Más bien, el valor a largo plazo es aprovechar la iluminación por su contribución a la marca y para vender mercancías de manera abierta o subliminal. Incluso las compras en línea o por comercio electrónico exigen atención a la iluminación. En estas situaciones, los minoristas dependen de los empleados en almacenes y centros de distribución abastecidos para hacer selecciones precisas, empaquetar con cuidado y realizar envíos a tiempo. La iluminación eléctrica representa aproximadamente el 42% de la electricidad utilizada en el comercio minorista [2]. La Figura 34.1 muestra el desglose del uso de electricidad en las instalaciones minoristas. El uso adecuado de la luz natural y la luz eléctrica eficiente es incuestionable. A continuación se presenta una discusión de los aspectos clave que afectan la iluminación para las personas en establecimientos minoristas: estado del proyecto; tipos de espacio; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia. Los esfuerzos de diseño integrales también deben basarse en el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. El diseñador debe tener un conocimiento profundo de los principios de diseño delineados en esos capítulos, debe

identificar aquellos que se consideren apropiados y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente aspectos específicos relacionados con la iluminación para comercios minoristas que deben influir en las selecciones ópticas de luminarias, lámparas y diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (ver 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores y actuales relacionados con el IES sirven como fuentes de archivo y referencia [3] [4].

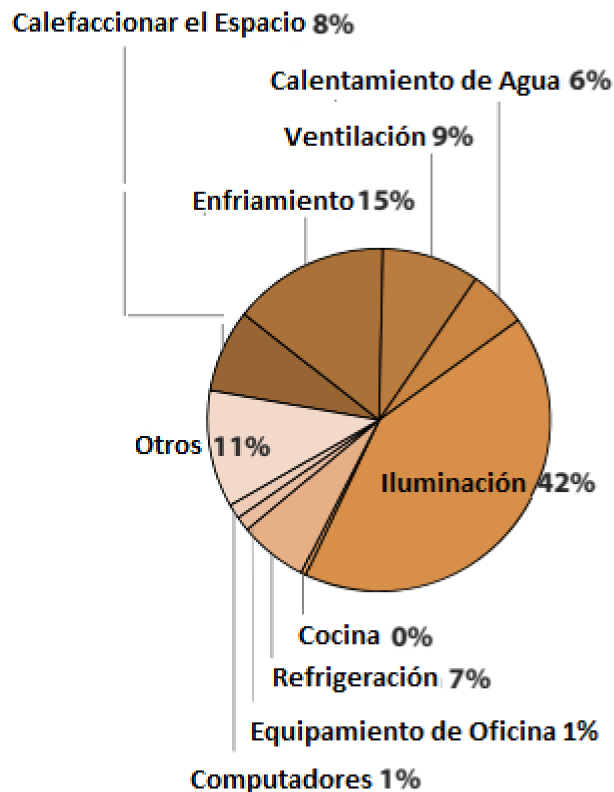


FIGURA 34.1 | USO DE ELECTRICIDAD EN ESTABLECIMIENTOS MINORISTAS

Según datos de 2003 de la Administración de Información sobre Energía del Departamento de Energía de los Estados Unidos, la iluminación representa el 42% del uso de electricidad en los edificios minoristas (el uso de electricidad para cocinar ronda el 0%). Los edificios minoristas en sí mismos representan alrededor del 21% del uso de electricidad de todos los edificios comerciales e institucionales.

Se debe pensar detenidamente en detalles que vayan más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en un entorno de grandes almacenes en el que se introduce la luz natural, el sistema de control para operar la iluminación eléctrica y cualquier tratamiento de sombras se podría utilizar para otros fines. El sistema de control también se podría utilizar para variar las iluminancias de los expositores con el tiempo, proporcionando así una rotación visual dinámica de los expositores. Este es un medio para contribuir a un diseño de tienda atractivo. Estas y otras técnicas sólo pueden surgir de la contemplación del problema de diseño al mismo tiempo que se abordan las prioridades de diseño descritas en el programa de proyectos. La Tabla 34.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y

exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes de los criterios IES y reemplazarlos. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

Tabla 34.1 | Lista de verificación de Iluminación para Comercios Minoristas

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 34.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Sensibilidades al Aire Libre
26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 34.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 34.2
Este Capítulo: Cuadro 34.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

34.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. Una comprensión clara del tipo y el alcance del proyecto ayudará a establecer hasta qué punto la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe considerar la iluminación natural como una fuente de luz. En 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN se identifica una serie de factores de diseño de iluminación. La luz natural exige una atención determinada para abordar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica. Dado que muchos establecimientos minoristas funcionan durante las horas de oscuridad, la iluminación eléctrica y los controles deben estar bien integrados.

34.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios comerciales en consideración y los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de los tipos de espacios se requieren al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo del cumplimiento de la iluminación, la potencia y la energía. Los nombres de los departamentos de las habitaciones y tiendas, de los que se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Solicite aclaraciones al cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y departamentos y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 34.2.

Las siguientes secciones están relacionadas con los principales encabezados de aplicaciones y tareas de la Tabla 34.2. Estas discusiones, las identificadas en la Tabla 34.1 y el material de la Tabla 34.2 ofrecen criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

34.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta la percepción de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la señalización. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación de Acento.

34.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación para áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de la tarea pueden variar según el tipo de instalación minorista asociada.

34.2.3 ATRIOS Y PATIOS

La iluminación para atrios y patios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El diseño de la tienda, centro comercial o centro minorista puede incluir uno o varios espacios cubiertos o abiertos de varios pisos con luz natural considerados atrios o patios. El diseñador debe coordinar con el equipo y el cliente para determinar si las actividades

programadas y el estilo se atienden mejor con criterios de iluminancia para centros comerciales o atrios y patios. Los criterios para las plantas vivas se describen en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

34.2.4 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Para las entradas a edificios, las variables que afectan los criterios de iluminancia recomendados incluyen los niveles previstos de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna.

Los niveles de actividad nocturna pueden variar según el tipo de establecimiento minorista, como un concesionario de automóviles frente a un centro comercial o un distrito comercial, según horarios específicos, como qué noche de la semana, y según otros eventos o actividades, como deportes. Consulte la Tabla 22.4 | Definiciones de Niveles de Actividad Interior y Exterior Nocturna. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar varias configuraciones en varias noches a través de intervención manual, reloj automático y funciones de fotocélula. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación establece las categorías de iluminancia para tareas al aire libre. Las zonas de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar del equipo. Consulte la Tabla 26.4 | Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna.

Las necesidades de seguridad durante y después del horario laboral, como la supervisión o grabación remota o en el lugar, pueden requerir la ubicación de luminarias específicas e iluminancias específicas coordinadas con cámaras de seguridad y, después del horario laboral, pueden requerir que algunas luminarias en las entradas del edificio permanezcan energizadas durante la noche o se coloquen en sensores de movimiento o se interconecten con las operaciones de la cámara. Las zonas de control y las funciones del reloj de control deben diseñarse en consecuencia. Cuando la supervisión remota se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede ser innecesaria. La iluminación de entrada debe hacer una transición entre las condiciones de iluminación interior y exterior.

Las entradas deben ser atractivas y reflejar el entorno interior. Los CCT y CRI de las lámparas deben basarse en criterios de color de las lámparas interiores en lugar de en selecciones de estacionamiento o calzadas.

34.2.5 CENTROS, EXTERIORES

Los centros comerciales, distritos y centros comerciales al aire libre atendidos por transporte público y donde los vehículos están restringidos a estacionamientos distantes y áreas de servicio deben diseñarse estrictamente para compras peatonales y experiencias sociales. Las iluminancias verticales son relativamente bajas y las proporciones de uniformidad son relativamente amplias. Es importante prestar atención a la iluminación de escaparates, frentes de tiendas, elementos de arte, cafés en las aceras y oasis de bebidas. Se deben abordar los bordillos, rampas y escaleras. Si el toque de queda ocurre después del horario comercial, la iluminación debe apagarse excepto cuando sea necesario por seguridad. La iluminación de seguridad puede controlarse con sensores de movimiento para mejorar la sostenibilidad y la detección y disuasión. Si el toque de queda ocurre antes del cierre de los negocios, la iluminación debe controlarse para permitir un retroceso para reducir las iluminancias y ampliar las uniformidades como se describe en la Tabla 34.2. Independientemente, toda la iluminación de acento no comercial en plazas, paseos y plazas de la ciudad, como la de esculturas y fuentes, debe apagarse durante el toque de queda. Un sistema de control de fotocélulas y funciones de reloj astronómico puede automatizar gran parte de la iluminación. Para eventos especiales, son adecuadas las anulaciones manuales o programadas. Como se ilustra en la Figura 34.2, un enfoque para iluminar grandes paseos u otras áreas peatonales es hacer una transición de la iluminación de las zonas periféricas más brillantes (fachadas de tiendas y su pavimento inmediatamente adyacente) a las zonas centrales más oscuras (centro de los paseos entre fachadas de tiendas opuestas). Las iluminancias verticales y horizontales caen hacia las zonas centrales mientras se cumplen las relaciones de uniformidad y los promedios generales. Este enfoque permite a los compradores adaptarse mejor a medida que se

mueven entre los interiores de las tiendas y las áreas centrales de los paseos. Finalmente, un paseo central más oscuro establece un fondo para un mejor contraste de elementos acentuados como esculturas o fuentes.

El diseñador debe trabajar con los miembros del equipo y el cliente para definir un nivel apropiado de actividad. Aunque los niveles de actividad estacional pueden ser más altos que los esperados en otras épocas, esto no necesariamente debe establecer la norma para las operaciones durante todo el año. Además, la actividad estacional en sí misma se identifica con decoraciones estacionales, muchas de ellas con iluminación. La iluminación excesiva de las zonas peatonales disminuirá los efectos visuales de las decoraciones iluminadas.



FIGURA 34.2 | PASEOS COMERCIALES

Los distritos y centros comerciales al aire libre ofrecen paseos, plazas y plazas exclusivas para los compradores a pie. La iluminación no se ve afectada por la interacción entre peatones y vehículos y debe estar diseñada para mejorar las experiencias sociales y de venta minorista. La iluminación de los escaparates y las fachadas de las tiendas se introduce principalmente para llamar la atención. Los efectos de iluminación decorativa se introducen en segundo lugar para generar interés visual. Todas estas técnicas de iluminación también abordan las impresiones subjetivas de preferencia y relajación y se combinan para crear una experiencia emocionante.

» Imagen ©Robert Landau/Corbis

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.										
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ATRIO y PATIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
CENTROS AL AIRE LIBRE	Tráfico vehicular restringido. Centros comerciales al aire libre o exclusivos para compradores. Véase 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES para ver las zonas peatonales adyacentes a los vehículos.										
• Acentos	Extinguir en el toque de queda										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado" o "Suave")				
• Elementos destacados	En el plano de la pared o en los árboles						ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")				
• Áreas de actuación	E_h @ pavimento; E_v @5' AFG	ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Fuerte" a "Moderado")				
• Perímetro	En el plano de la pared o en los árboles						ver Tabla 15.2 (normalmente "Suave")				
• Punto focal significativo	En el plano del punto focal (normalmente vertical)						ver Tabla 15.2 (normalmente "Fuerte" a "Moderado")				
• Plazas y plazas de la ciudad	E_h @ pavimento; E_v @5' AFG al menos en los dos sentidos principales de circulación. Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad.										
• Actividad alta [i]	Plazas caracterizadas por períodos de alto volumen de compradores										
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Actividad media [i]	Plazas caracterizadas por períodos de volumen medio de compradores										
• LZ4[j]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Actividad baja [i]	Plazas caracterizadas por períodos de bajo volumen de compradores										
• LZ4[j]		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Rampas, escaleras y escalones	Eh @ escalones/descansillos; Ev @ 5' AFG en al menos las dos direcciones principales de circulación. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad. La iluminación debe abordar el área de las rampas, los escalones y los descansos. Alternativamente, llame la atención sobre los cambios de elevación con iluminación de contraste.										
• Actividad alta [i]	Rampas, escaleras y escalones característicos de períodos de gran volumen de compradores										
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser

diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura[h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.															
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
ATRIO y PATIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
CENTROS AL AIRE LIBRE	Tráfico vehicular restringido. Centros comerciales al aire libre o exclusivos para compradores. Véase 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES para ver las zonas peatonales adyacentes a los vehículos.															
• Acentos	Extinguir en el toque de queda															
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical)						ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado" o "Suave")									
• Elementos destacados	En el plano de la pared o en los árboles						ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")									
• Áreas de actuación	E_h @ pavimento; E_v @5' AFG	ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Fuerte" a "Moderado")									
• Perímetro	En el plano de la pared o en los árboles						ver Tabla 15.2 (normalmente "Suave")									
• Punto focal significativo	En el plano del punto focal (normalmente vertical)						ver Tabla 15.2 (normalmente "Fuerte" a "Moderado")									
• Plazas y plazas de la ciudad	E_h @ pavimento; E_v @5' AFG al menos en los dos sentidos principales de circulación. Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad.															
• Actividad alta [i]	Plazas caracterizadas por períodos de alto volumen de compradores															
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	5:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
• Actividad media [i]	Plazas caracterizadas por períodos de volumen medio de compradores															
• LZ4[j]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	5:1 (10:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
• Actividad baja [i]	Plazas caracterizadas por períodos de bajo volumen de compradores															
• LZ4[j]		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	5:1 (10:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1	5:1 (10:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						
• Rampas, escaleras y escalones	Eh @ escalones/descansillos; Ev @ 5' AFG en al menos las dos direcciones principales de circulación. Coordine la iluminación con las cámaras de seguridad. La iluminación debe abordar el área de las rampas, los escalones y los descansos. Alternativamente, llame la atención sobre los cambios de elevación con iluminación de contraste.															
• Actividad alta [i]	Rampas, escaleras y escalones característicos de períodos de gran volumen de compradores															
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1	5:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1				

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTROS AL AIRE LIBRE	(Rampas, escaleras y escalones, continuación)										
• Actividad media [i]	Rampas, escaleras y escalones típicos de períodos de volumen medio de compradores										
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Actividad baja [i]	Rampas, escaleras y escalones característicos de períodos de bajo volumen de compradores										
• LZ4[j]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Paseo de Compras	E_h @grado ; E_v @5' AFG al menos en los dos sentidos principales de circulación. Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad.										
• Actividad alta [i]	Paseos comerciales caracterizados por períodos de gran volumen de compradores										
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Actividad media [i]	Paseos comerciales caracterizados por períodos de volumen medio de compradores										
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Actividad baja [i]	Paseos comerciales caracterizados por períodos de bajo volumen de compradores										
• LZ4[j]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
TI	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						
4:1	5:1					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1	5:1 (10:1)					
4:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser

diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] (f, g): Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTROS AL AIRE LIBRE	(Rampas, escaleras y escalones, continuación)															
• Actividad media i	Rampas, escaleras y escalones típicos de períodos de volumen medio de compradores															
· LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	5:1			
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
• Actividad baja i	Rampas, escaleras y escalones característicos de períodos de bajo volumen de compradores															
· LZ4[j]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1			
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
• Paseo de Compras	E_h @grado ; E_v @5' AFG al menos en los dos sentidos principales de circulación. Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad.															
• Actividad alta i	Paseos comerciales caracterizados por períodos de gran volumen de compradores															
· LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1	5:1			
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1				
• Actividad media i	Paseos comerciales caracterizados por períodos de volumen medio de compradores															
· LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	5:1			
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
• Actividad baja i	Paseos comerciales caracterizados por períodos de bajo volumen de compradores															
· LZ4[j]		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1			
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		C	2	4	8	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		B	1	2	4	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	4:1	5:1 (10:1)			
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento [k]	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		4:1				
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
TI	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CENTROS COMERCIALES, INTERIORES											
•Acentuación	La acentuación influye en la percepción general de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar.										
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para ver material digno de conservación.						Consulte la Tabla 15.2 (normalmente "Moderada" o "Suave")				
• Exhibidores	En el plano(s) de exhibición	ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")				
• Exhibiciones destacadas	En el plano(s) de exhibición	ver Tabla 15.2 (normalmente "Dramático")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Dramático")				
• Muro destacado	En el plano de la pared						ver Tabla 15.2 (normalmente "Suave" o "Sutil")				
• Servicios	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Vestíbulos	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Directorios	E_v @3'-5' AFF						P	150	300	600	Prom.
• Áreas de entretenimiento	Consulte 24 / ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORÍA/Espectáculos										
• Patios de comidas	Consulte 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/SERVICIO DE ALIMENTOS										
• Mostradores de información	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Quioscos minoristas											
• Exhibidores											
· Horizontal	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.					
· Vertical	E_v @3'-5' AFF						P	150	300	600	Prom.
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Mostradores de transacciones	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.					
• Corredores de servicio	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
ESTACIONAMIENTO	Vea 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
CAMINOS PEATONALES	Vea 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
VENTA MINORISTA, INTERIOR											
• Vitrinas	Consulte VENTA AL POR MENOR, INTERIOR/Vitrinas										
• Exhibiciones destacadas	E_h y E_v @en los respectivos planos relevantes de las características del exhibidor										
• Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del exhibidor	10 veces el área general Eh de venta minorista adyacente; puede afectar la decoloración, el blanqueo y la vida útil									Max
• Resaltar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del exhibidor	5 veces el área general Eh de venta minorista adyacente; puede afectar la decoloración, el blanqueo y la vida útil									Max
• Exhibición total	Aplicar completamente al exhibidor	igual a Eh general del área comercial adyacente									Prom.
• Probadores	El plano de interés principal está orientado verticalmente hacia el espejo.										
• Áreas de vestuario											
· Típico	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Lujoso	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Áreas de probadores	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	2:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
1.2:1	1.2:1					
1.5:1	1.5:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
	2:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
2:1						
2:1						
1.2:1	1.2:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CENTROS COMERCIALES, INTERIORES																		
•Acentuación	La acentuación influye en la percepción general de brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar.																	
• Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para ver material digno de conservación.	Consulte la Tabla 15.2 (normalmente "Moderada" o "Suave")											ver 15.1.1.3		X	X	X	
• Exhibidores	En el plano(s) de exhibición	ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Moderado")						ver 15.1.1.3		X	X	X	
• Exhibiciones destacadas	En el plano(s) de exhibición	ver Tabla 15.2 (normalmente "Dramático")					ver Tabla 15.2 (normalmente "Dramático")						ver 15.1.1.3		X	X	X	
• Muro destacado	En el plano de la pared						ver Tabla 15.2 (normalmente "Suave" o "Sutil")						ver 15.1.1.3		X		X	
• Servicios	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		X		X	
• Vestíbulos	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1		X			X
• Directorios	E_v @3'-5' AFF						P	150	300	600	Prom.		ver Tabla 12.6		X		X	
• Áreas de entretenimiento	Consulte 24 / ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN/AUDITORÍA/Espectáculos																	
• Patios de comidas	Consulte 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/SERVICIO DE ALIMENTOS																	
• Mostradores de información	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6		X		X	
• Quioscos minoristas																		
• Exhibidores																		
· Horizontal	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.						1.2:1	1.2:1		X	X	X	
· Vertical	E_v @3'-5' AFF						P	150	300	600	Prom.	1.5:1	1.5:1		X	X	X	
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1		X		X	
Mostradores de transacciones	E_h @3' AFF	P	150	300	600	Prom.							2:1		X		X	
• Corredores de servicio	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1		X			
ESTACIONAMIENTO	Vea 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
CAMINOS PEATONALES	Vea 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
VENTA MINORISTA, INTERIOR																		
•Vitrinas	Consulte VENTA AL POR MENOR, INTERIOR/Vitrinas																	
•Exhibiciones destacadas	E_h y E_v @en los respectivos planos relevantes de las características del exhibidor																	
• Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del exhibidor	10 veces el área general Eh de venta minorista adyacente; puede afectar la decoloración, el blanqueo y la vida útil									Max	2:1			X		X	
• Resaltar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del exhibidor	5 veces el área general Eh de venta minorista adyacente; puede afectar la decoloración, el blanqueo y la vida útil									Max	2:1			X		X	
• Exhibición total	Aplicar completamente al exhibidor	igual a Eh general del área comercial adyacente									Prom.	1.2:1	1.2:1		X		X	
• Probadores	El plano de interés principal está orientado verticalmente hacia el espejo.																	
• Áreas de vestuario																		
· Típico	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1		X		X	
· Lujoso	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1		X		X	
• Áreas de probadores	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1		X		X	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(continuación)										
Venta al por menor por clasificación	Clasificar por tipo de tienda o departamento. Coordinar iluminación con cámaras de seguridad.										
Ventas/servicios de automóviles											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						P	150	300	600	Prom.
· Servicio											
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario.										
· Trabajo en banco y capó	E_h and E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Registro de órdenes de trabajo	E_h and E_v @3' 6" AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Tienda departamental											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						S	375	750	1500	Prom.
Tienda de diseñadoresBoutique											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						O	100	200	400	Prom.
· Descuento											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.
Farmacia y tiendas de conveniencia											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.
· Joyas finas/preciosas											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						Q	200	400	800	Prom.
· Muebles											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						O	100	200	400	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.5:1	1.5:1					
1.5:1	1.5:1					
1.5:1	1.5:1					
1.2:1	1.2:1					
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1					
2:1	2:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1					
2:1	2:1					
1.2:1	1.2:1					
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1					
2:1	2:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(continuación)															
Venta al por menor por clasificación	Clasificar por tipo de tienda o departamento. Coordinar iluminación con cámaras de seguridad.															
Ventas/servicios de automóviles																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						P	150	300	600	Prom.	4:1	4:1			
• Servicio																
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	P	150	300	600	Prom.	1.5:1	1.5:1			
• Provisional	Proporcionar luces de trabajo portátiles según sea necesario.															
• Trabajo en banco y capó	E_h and E_v @3' 6" AFF	T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.5:1	1.5:1			
Registro de órdenes de trabajo	E_h and E_v @3' 6" AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	1.5:1	1.5:1			
• Tienda departamental																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						S	375	750	1500	Prom.	2:1	2:1			
Tienda de diseñadoresBoutique																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						O	100	200	400	Prom.	4:1	4:1			
• Descuento																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	2:1	2:1			
Farmacia y tiendas de conveniencia																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	2:1	2:1			
• Joyas finas/preciosas																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						Q	200	400	800	Prom.	4:1	4:1			
• Muebles																
• Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	H	10	20	40	Prom.	1.2:1	1.2:1			
• Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [i]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
• Perímetro [i]	E_v @5' AFF						O	100	200	400	Prom.	4:1	4:1			

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(Continúa el comercio minorista por clasificación)										
• Supermercado/Abarrotes											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.
• Hogar/Baño Ropa de cama											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						Q	200	400	800	Prom.
• Gran distribución											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.
• Estación de servicio											
· Servicio	Consulte VENTA MINORISTA, INTERIOR/Venta minorista por clasificación/Ventas automotrices/Servicio/Servicio										
· Tienda	Seleccione la categoría de venta minorista relevante de VENTA MINORISTA, INTERIOR/Venta Minorista por Clasificación										
• Minorista especializado											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						S	375	750	1500	Prom.
Cristalería, porcelana, plata de lujo											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						Q	200	400	800	Prom.
• Departamento de lujo											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.
• Especialidad de lujo											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						P	150	300	600	Prom.
• Tienda de almacén											
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas										
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Perímetro[l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
1.2:1	1.2:1					
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1					
2:1	2:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1					
2:1	2:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
3:1/6:1	3:1/6:1					
4:1	4:1					
1.2:1	1.2:1					
1.5:1/3:1	1.5:1/3:1					
2:1	2:1					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(Continúa el comercio minorista por clasificación)															
• Supermercado/Abarrotes																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	2:1	2:1			
• Hogar/Baño Ropa de cama																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						Q	200	400	800	Prom.	4:1	4:1			
• Gran distribución																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	2:1	2:1			
• Estación de servicio																
· Servicio	Consulte VENTA MINORISTA, INTERIOR/Venta minorista por clasificación/Ventas automotrices/Servicio/Servicio															
· Tienda	Seleccione la categoría de venta minorista relevante de VENTA MINORISTA, INTERIOR/Venta Minorista por Clasificación															
• Minorista especializado																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						S	375	750	1500	Prom.	4:1	4:1			
Cristalería, porcelana, plata de lujo																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						Q	200	400	800	Prom.	4:1	4:1			
• Departamento de lujo																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	4:1	4:1			
• Especialidad de lujo																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1/6:1	3:1/6:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						P	150	300	600	Prom.	4:1	4:1			
• Tienda de almacén																
· Circulación	E_h @piso; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	1.2:1	1.2:1			
· Exhibidores especiales	Ver VENTA MINORISTA, INTERIOR/ Exhibiciones Destacadas															
Venta al por menor en general [l]	E_h @2' 6" AFF; E_v @3'-5' AFF	R	250	500	1000	Prom.	O	100	200	400	Prom.	1.5:1/3:1	1.5:1/3:1			
· Perímetro [l]	E_v @5' AFF						R	250	500	1000	Prom.	2:1	2:1			

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(continuación)										
Áreas de transacción de ventas	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Vitrinas	E_v sobre áreas relevantes de los exhibidores en las ventanas										
Ventanas que dan al exterior											
• Día											
• Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a ≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						Y	5000	10000	20000	Max
• Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						X	2500	5000	10000	Max
• Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						T	500	1000	2000	Prom.
• Noche											
• Actividad alta [i]	Mostrar escaparates en zonas caracterizadas por una alta actividad peatonal o vehicular nocturna										
LZ4 [j]											
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a ≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						W	1500	3000	6000	Max
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						U	750	1500	3000	Max
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						P	150	300	600	Prom.
LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)											
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a ≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						V	1000	2000	4000	Max
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						O	100	200	400	Prom.
LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)											
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a ≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						M	50	100	200	Prom.
LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)											
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a ≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						K	25	50	100	Prom.
LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
5:1						
5:1						
5:1						
5:1						
5:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(continuación)																	
Áreas de transacción de ventas	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
•Vitrinas	E_v sobre áreas relevantes de los exhibidores en las ventanas																	
Ventanas que dan al exterior																		
• **Día**																		
• **Deslumbramiento**	Aplicar estratégicamente a≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						Y	5000	10000	20000	Max							
• **Resaltado**	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						X	2500	5000	10000	Max							
• **Exhibidor total**	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						T	500	1000	2000	Prom.	5:1						
• **Noche**																		
• **Actividad alta** [i]	Mostrar escaparates en zonas caracterizadas por una alta actividad peatonal o vehicular nocturna																	
LZ4 [j]																		
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						W	1500	3000	6000	Max							
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						U	750	1500	3000	Max							
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						P	150	300	600	Prom.	5:1						
LZ3 [j] **(y toque de queda LZ4)**																		
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						V	1000	2000	4000	Max							
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max							
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						O	100	200	400	Prom.	5:1						
LZ2 [j] **(y toque de queda LZ3)**																		
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max							
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max							
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						M	50	100	200	Prom.	5:1						
LZ1 [j] **(y toque de queda LZ2)**																		
Deslumbramiento	Aplicar estratégicamente a≤10% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max							
Resaltado	Aplicar estratégicamente a ≤25% del total de la exhibición o exhibiciones visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max							
Exhibidor total	Aplicar a pantallas totales o pantallas visibles desde la dirección de visualización principal.						K	25	50	100	Prom.	5:1						
LZ0 [j] **(y toque de queda LZ1)**		-	0	0	0		-	0	0	0								

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas **(continuación en la página siguiente)**

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(Mostrar escaparates, continuación)										
Actividad media [i]	Mostrar escaparates en zonas caracterizadas por una actividad peatonal o vehicular media durante la noche										
LZ4[j]											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						V	1000	2000	4000	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						O	100	200	400	Prom.
LZ3[j] (y toque de queda LZ4)											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						M	50	100	200	Prom.
LZ2[j] (y toque de queda LZ3)											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						K	25	50	100	Prom.
LZ1[j] (y toque de queda LZ2)											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						N	75	150	300	Max
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						I	15	30	60	Prom.
LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
Actividad baja [i]	Mostrar escaparates en zonas caracterizadas por baja actividad peatonal o vehicular nocturna										
LZ4[j]											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						M	50	100	200	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura[h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
5:1						
5:1						
5:1						
5:1						
5:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	f	g	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(Mostrar escaparates, continuación)																	
• Actividad media [i]	Mostrar escaparates en zonas caracterizadas por una actividad peatonal o vehicular media durante la noche																	
LZ4 [j]																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						V	1000	2000	4000	Max				■		■	
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max				■		■	
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						O	100	200	400	Prom.	5:1			■		■	
LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max				■		■	
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max				■		■	
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						M	50	100	200	Prom.	5:1			■		■	
LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max				■		■	
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max				■		■	
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						K	25	50	100	Prom.	5:1			■		■	
LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max				■		■	
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						N	75	150	300	Max				■		■	
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						I	15	30	60	Prom.	5:1			■		■	
LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0								
• Actividad baja [i]	Mostrar escaparates en zonas caracterizadas por baja actividad peatonal o vehicular nocturna																	
LZ4 [j]																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						T	500	1000	2000	Max				■		■	
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max				■		■	
Exhibidor total	Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal						M	50	100	200	Prom.	5:1			■		■	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(Mostrar escaparates, continuación)										
LZ3[j] (y toque de queda LZ4)											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max
Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						K	25	50	100	Prom.
LZ2[j] (y toque de queda LZ3)											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						N	75	150	300	Max
Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						I	15	30	60	Prom.
LZ1[j] (y toque de queda LZ2)											
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						N	75	150	300	Max
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						L	37.5	75	150	Max
Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						G	7.5	15	30	Prom.
LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Interior de las caras de las vitrinas											
• **Deslumbrar**	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						U	750	1500	3000	Max
• **Destacar**	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						S	375	750	1500	Max
• **Exhibidor total**	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						N	75	150	300	Prom.
• **Envoltura y Embalaje**	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	**Prom.:Min**	**Max:Min**			**Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas**	**Habitación o Área Designada**
5:1						
5:1						
5:1						
5:1						
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA AL POR MENOR, INTERIOR	(Mostrar escaparates, continuación)																	
LZ3[j] (y toque de queda LZ4)																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						R	250	500	1000	Max							
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max							
Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						K	25	50	100	Prom.	5:1						
LZ2[j] (y toque de queda LZ3)																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						P	150	300	600	Max							
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						N	75	150	300	Max							
Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						I	15	30	60	Prom.	5:1						
LZ1[j] (y toque de queda LZ2)																		
Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						N	75	150	300	Max							
Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						L	37.5	75	150	Max							
Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						G	7.5	15	30	Prom.	5:1						
LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0								
• Interior de las caras de las vitrinas																		
• Deslumbrar	Aplicar estratégicamente a ≤ 10% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						U	750	1500	3000	Max							
• Destacar	Aplicar estratégicamente a ≤ 25% del total del exhibidor o exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal; puede afectar la decoloración, el blanqueamiento y la vida útil.						S	375	750	1500	Max							
• Exhibidor total	**Aplicar a exhibidores totalmente o a exhibidores visibles desde la dirección de visualización principal**						N	75	150	300	Prom.	5:1						
• Envoltura y Embalaje	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
• Ventas de automóviles	Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad.										
• Circulación de vehículos	E_h @pavimento; E_v @5' AFF										
• Actividad alta [i]											
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Actividad media [i]											
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Actividad baja [i]											
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Vehículo destacado	Iluminancia @ respectivo(s) plano(s) relevante(s) en la visualización de características										
• Deslumbrante	Aplicar estratégicamente a ≤ 10 % del total del vehículo visible desde la dirección de visualización principal	Eh y Ev en el vehículo destacado ≤ 10 veces Eh de la primera fila para el nivel de actividad y la zona de iluminación respectivos									Max
• Destacado	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 % del total del vehículo visible desde la dirección de visualización principal	Eh y Ev en el vehículo destacado ≤ 5 veces Eh de la primera fila para el nivel de actividad y la zona de iluminación respectivos									Max
• Vehículo total	Valores propuestos por IESH/10e: se aplican al total del vehículo visible desde la dirección de visualización principal	Igual Eh de la primera fila para el respectivo Nivel de Actividad y Zona de Iluminación									Prom.
• Primera fila	E_h y E_v @4' AFF										
• Actividad alta [i]											
• LZ4[j]		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Actividad media [i]											
• LZ4[j]		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1						
3:1						
3:1						
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE																		
• Ventas de automóviles	Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad.																	
• Circulación de vehículos	E_h @pavimento; E_v @5' AFF																	
• Actividad alta [i]																		
• LZ4 [j]		H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1				■	
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0							■	
• Actividad media [i]																		
• LZ4 [j]		G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1				■	
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0							■	
• Actividad baja [i]																		
• LZ4 [j]		F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1				■	
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	-	0	0	0		3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0							■	
• Vehículo destacado	Iluminancia @ respectivo(s) plano(s) relevante(s) en la visualización de características																	
• Deslumbrante	Aplicar estratégicamente a ≤ 10 % del total del vehículo visible desde la dirección de visualización principal	Eh y Ev en el vehículo destacado ≤ 10 veces Eh de la primera fila para el nivel de actividad y la zona de iluminación respectivos									Max	3:1					■	
• Destacado	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 % del total del vehículo visible desde la dirección de visualización principal	Eh y Ev en el vehículo destacado ≤ 5 veces Eh de la primera fila para el nivel de actividad y la zona de iluminación respectivos									Max	3:1					■	
• Vehículo total	Valores propuestos por IESH/10e: se aplican al total del vehículo visible desde la dirección de visualización principal	Igual Eh de la primera fila para el respectivo Nivel de Actividad y Zona de Iluminación									Prom.	3:1					■	
• Primera fila	E_h y E_v @4' AFF																	
• Actividad alta [i]																		
• LZ4 [j]		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	3:1	3:1				■	
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0								
• Actividad media [i]																		
• LZ4 [j]		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	3:1	3:1				■	
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1	3:1 (6:1)				■	
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0								

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
· Actividad baja i											
· LZ4[j]		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Estacionamiento	E_h @pavimento; E_v @5' AFF										
· Actividad alta i											
· LZ4[j]		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
· Actividad media i											
· LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
· Actividad baja i											
· LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Preparación y Almacenaje	E_h @pavimento; E_v @5' AFF										
· Actividad alta i											
· LZ4[j]		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
· Actividad media i											
· LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d										Uniformidad de los Objetivos [e]			Área Típica de Cobertura [h]	
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical					Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min		
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE																
• Actividad baja [i]																
• LZ4[j]		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						
• Estacionamiento	E_h @pavimento; E_v @5' AFF															
• Actividad alta [i]																
• LZ4[j]		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						
• Actividad media [i]																
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						
• Actividad baja [i]																
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						
• Preparación y Almacenaje	E_h @pavimento; E_v @5' AFF															
• Actividad alta [i]																
• LZ4[j]		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						
• Actividad media [i]																
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0						

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
• Actividad baja [i]											
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Ventas	E_h y E_v @4' AFF										
• Actividad alta [i]											
• LZ4[j]		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Actividad media [i]											
• LZ4[j]		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Actividad baja [i]											
• LZ4[j]		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0	
• Temporada al Aire Libre	Los ejemplos incluyen mercados de agricultores, ventas de árboles de Navidad, festivales de arte y puestos de productos agrícolas caracterizados por situaciones de techo abierto. Coordine la iluminación con cámaras de seguridad.										
• LZ4[j]											
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ3[j] (and LZ4 curfew)											
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
2:1	2:1					
2:1						
2:1	2:1 (4:1)				[l]	[l]
2:1	2:1 (4:1)					
2:1						
2:1	2:1 (4:1)				[l]	[l]

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — 1 [a] relación E_h / 2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades — Max:Prom.	Prom. :Min Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE															
• Actividad baja i															
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1	■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0					
• Ventas	E_h y E_v @4' AFF														
• Actividad alta i															
• LZ4[j]		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	3:1	3:1	■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0					
• Actividad media i															
• LZ4[j]		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	3:1	■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0					
• Actividad baja i															
• LZ4[j]		L	37.5	75	150	Prom.	J	20	40	80	Prom.	3:1	3:1	■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	3:1	3:1 (6:1)	■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		-	0	0	0		-	0	0	0					
• Temporada al Aire Libre	Los ejemplos incluyen mercados de agricultores, ventas de árboles de Navidad, festivales de arte y puestos de productos agrícolas caracterizados por situaciones de techo abierto. Coordine la iluminación con cámaras de seguridad.														
• LZ4[j]															
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	H	10	20	40	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	2:1	■	
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1		■	
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.	2:1	2:1 (4:1)	■ l	■ l
• LZ3[j] (and LZ4 curfew)															
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	G	7.5	15	30	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	2:1 (4:1)	■	
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1		■	
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1	2:1 (4:1)	■ l	■ l

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)											
· Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)											
· Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.
· Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k										
· Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Estaciones de Servicio	Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad										
Aproximación/Conducción/Estacionamiento	Áreas no asociadas a funciones de dispensación o servicio.										
· Actividad alta i	E_h @pavimento; E_v @5' AFF										
· LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· Actividad media [i]	E_h @pavimento; E_v @5' AFF										
· LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· Actividad baja i	E_h @pavimento; E_v @5' AFF										
· LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura					Área Típica de Cobertura[h]	
1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]		
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
2:1	2:1 (4:1)					
2:1						
2:1	2:1 (4:1)				[i]	[i]
2:1	2:1 (4:1)					
2:1						
2:1	2:1 (4:1)				[i]	[i]
2:1						
2:1						
2:1					[i]	[i]
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						
2:1	3:1					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1	3:1 (6:1)					
2:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d										Uniformidad de los Objetivos [e]			Área Típica de Cobertura [h]	
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical					Sobre el Área de Cobertura				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min		
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE																
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)																
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	F	5	10	20	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	2:1 (4:1)		■	
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1			■	
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.	2:1	2:1 (4:1)		■	■
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)																
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1	2:1 (4:1)		■	
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.	2:1			■	
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1	2:1 (4:1)		■	■
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k															
• Circulación	E_h @pavimento; E_v @5' AFF	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	2:1			■	
• Exhibidores de funciones	Aplicar estratégicamente a ≤ 25 pies cuadrados o al 25 % del área del elemento, o lo que cubra más área del elemento.	I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1			■	
• Mercancía l	Eh @2' 6" AFF; Ev @4' AFF o en las elevaciones y orientaciones actuales de los exhibidores reales cuando se conozcan	F	5	10	20	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1			■	■
• Estaciones de Servicio	Coordinar la iluminación con las cámaras de seguridad															
Aproximación/Conducción/Estacionamiento	Áreas no asociadas a funciones de dispensación o servicio.															
• Actividad alta i	E_h @pavimento; E_v @5' AFF															
• LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	2:1	3:1		■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1			■	
• Actividad media[i]	E_h @pavimento; E_v @5' AFF															
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	2:1	3:1		■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	2:1			■	
• Actividad baja i	E_h @pavimento; E_v @5' AFF															
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1	3:1		■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	2:1	3:1 (6:1)		■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		2:1			■	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
• Fachadas de Edificios	Las superficies verticales clave de la fachada definen el lugar y atraen la atención. Aplicar estratégicamente en ≤25 % del área de la fachada del edificio visible desde las direcciones de visión principales										
• Actividad alta [i]											
• LZ4[j]							K	25	50	100	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							J	20	40	80	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							I	15	30	60	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							H	10	20	40	Prom.
• LZ1[j] toque de queda							G	7.5	15	30	Prom.
• LZ0[j]							-	0	0	0	
• Actividad media[i]											
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							I	15	30	60	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							H	10	20	40	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							G	7.5	15	30	Prom.
• LZ1[j] toque de queda							F	5	10	20	Prom.
• LZ0[j]							-	0	0	0	
• Actividad baja [i]											
• LZ4[j]							I	15	30	60	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							H	10	20	40	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							G	7.5	15	30	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							F	5	10	20	Prom.
• LZ1[j] toque de queda							E	4	8	16	Prom.
• LZ0[j]							-	0	0	0	
• Islas de dispensación	Bombas de combustible o estaciones de carga de corta duración (Nivel III)										
• Actividad alta [i]	Eh @pavimento en el área definida por un radio de 9' desde el centro de cada bomba de dispensación o frente de la estación de carga; Ev @cara de la bomba de dispensación o la estación de carga, incluido el dispositivo de transacción. Control con sensores de movimiento. k										
• LZ4[j]		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Actividad media[i]	Eh @pavimento en el área definida por un radio de 9' desde el centro de cada bomba de dispensación o frente de la estación de carga; Ev @cara de la bomba de dispensación o la estación de carga, incluido el dispositivo de transacción. Control con sensores de movimiento. k										
• LZ4[j]		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	8:1					
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	8:1					
4:1	4:1					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	4:1 (8:1)					
4:1	8:1					
2:1	4:1					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1						
2:1	4:1					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE																
• **Fachadas de Edificios**	Las superficies verticales clave de la fachada definen el lugar y atraen la atención. Aplicar estratégicamente en ≤ 25 % del área de la fachada del edificio visible desde las direcciones de visión principales															
• **Actividad alta [i]**																
• **LZ4 [j]**							K	25	50	100	Prom.	4:1	4:1			
• **LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)**							J	20	40	80	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)**							I	15	30	60	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)**							H	10	20	40	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] toque de queda**							G	7.5	15	30	Prom.	4:1	8:1			
• **LZ0 [j]**							-	0	0	0						
• **Actividad media [i]**																
• **LZ4 [j]**							J	20	40	80	Prom.	4:1	4:1			
• **LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)**							I	15	30	60	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)**							H	10	20	40	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)**							G	7.5	15	30	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] toque de queda**							F	5	10	20	Prom.	4:1	8:1			
• **LZ0 [j]**							-	0	0	0						
• **Actividad baja [i]**																
• **LZ4 [j]**							I	15	30	60	Prom.	4:1	4:1			
• **LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)**							H	10	20	40	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)**							G	7.5	15	30	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)**							F	5	10	20	Prom.	4:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] toque de queda**							E	4	8	16	Prom.	4:1	8:1			
• **LZ0 [j]**							-	0	0	0						
• **Islas de dispensación**	Bombas de combustible o estaciones de carga de corta duración (Nivel III)															
• **Actividad alta [i]**	Eh @pavimento en el área definida por un radio de 9' desde el centro de cada bomba de dispensación o frente de la estación de carga; Ev @cara de la bomba de dispensación o la estación de carga, incluido el dispositivo de transacción. Control con sensores de movimiento. k															
• **LZ4 [j]**		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	2:1	4:1			
• **LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)**		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• **LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)**		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)**		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• **LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)**		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1				
• **Actividad media [i]**	Eh @pavimento en el área definida por un radio de 9' desde el centro de cada bomba de dispensación o frente de la estación de carga; Ev @cara de la bomba de dispensación o la estación de carga, incluido el dispositivo de transacción. Control con sensores de movimiento. k															
• **LZ4 [j]**		N	75	150	300	Prom.	N	75	150	300	Prom.	2:1	4:1			
• **LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)**		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• **LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)**		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• **LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)**		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• **LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)**		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.	2:1				

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
• Actividad baja [i]	Eh @pavimento en el área definida por un radio de 9' desde el centro de cada bomba de dispensación o cara de la estación de carga; Ev @cara de la bomba de dispensación o la estación de carga, incluido el dispositivo de transacción. Control con sensores de movimiento. k										
• LZ4[j]		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
Aspectos destacados del paisaje	Las superficies de follaje verticales clave definen el lugar y atraen la atención. Aplicar estratégicamente liage en ≤25% del área de follaje seleccionado visible desde la dirección de visualización principal.										
• Actividad alta [i]											
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							I	15	30	60	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							H	10	20	40	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							G	7.5	15	30	Prom.
• LZ1[j] toque de queda							F	5	10	20	Prom.
• LZ0[j]							-	0	0	0	
• Actividad media [i]											
• LZ4[j]							I	15	30	60	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							H	10	20	40	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							G	7.5	15	30	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							F	5	10	20	Prom.
• LZ1[j] toque de queda							E	4	8	16	Prom.
• LZ0[j]							-	0	0	0	
• Actividad baja [i]											
• LZ4[j]							H	10	20	40	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							G	7.5	15	30	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							F	5	10	20	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							E	4	8	16	Prom.
• LZ1[j] toque de queda							D	3	6	12	Prom.
• LZ0[j]							-	0	0	0	
• Servicio en el exterior	Para la realización nocturna de servicios no mecánicos, como controles y recargas de fluidos y presión de aire, o uso de estaciones de carga de larga duración (Tipo II).										
• Actividad alta [i]	Eh @3' 6" AFG en el área de servicio o carga designada definida por un radio de 9' desde el centro de cada cara de la estación de carga;Ev @cara de la estación de carga incluyendo el dispositivo de transacción.										
• LZ4[j]		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
2:1	4:1					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1	4:1 (8:1)					
2:1						
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
3:1	3:1 (6:1)					
2:1	2:1					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1						

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE																
• Actividad baja [i]	Eh @pavimento en el área definida por un radio de 9' desde el centro de cada bomba de dispensación o cara de la estación de carga; Ev @cara de la bomba de dispensación o la estación de carga, incluido el dispositivo de transacción. Control con sensores de movimiento. k															
• LZ4[j]		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	4:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		L	37.5	75	150	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.	2:1	4:1 (8:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1				
Aspectos destacados del paisaje	Las superficies de follaje verticales clave definen el lugar y atraen la atención. Aplicar estratégicamente liage en ≤25% del área de follaje seleccionado visible desde la dirección de visualización principal.															
• Actividad alta [i]																
• LZ4[j]							J	20	40	80	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							I	15	30	60	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							H	10	20	40	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							G	7.5	15	30	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] toque de queda							F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j]							-	0	0	0						
• Actividad media [i]																
• LZ4[j]							I	15	30	60	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							H	10	20	40	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							G	7.5	15	30	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] toque de queda							E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j]							-	0	0	0						
• Actividad baja [i]																
• LZ4[j]							H	10	20	40	Prom.	3:1	3:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)							G	7.5	15	30	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)							F	5	10	20	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)							E	4	8	16	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ1[j] toque de queda							D	3	6	12	Prom.	3:1	3:1 (6:1)			
• LZ0[j]							-	0	0	0						
• Servicio en el exterior	Para la realización nocturna de servicios no mecánicos, como controles y recargas de fluidos y presión de aire, o uso de estaciones de carga de larga duración (Tipo II).															
• Actividad alta [i]	Eh @3' 6" AFG en el área de servicio o carga designada definida por un radio de 9' desde el centro de cada cara de la estación de carga;Ev @cara de la estación de carga incluyendo el dispositivo de transacción.															
• LZ4[j]		K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.	2:1	2:1			
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		J	20	40	80	Prom.	J	20	40	80	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		I	15	30	60	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		H	10	20	40	Prom.	H	10	20	40	Prom.	2:1	2:1 (4:1)			
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	G	7.5	15	30	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	2:1				

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE											
• Actividad media [i]	Eh @3' 6" AFG en el área de servicio o carga designada definida por un radio de 9' desde el centro de cada cara de la estación de carga;Ev @cara de la estación de carga incluyendo el dispositivo de transacción.										
• LZ4 [j]		J	20	40	80	Avg	J	20	40	80	Avg
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		I	15	30	60	Avg	I	15	30	60	Avg
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		H	10	20	40	Avg	H	10	20	40	Avg
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		G	7.5	15	30	Avg	G	7.5	15	30	Avg
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	F	5	10	20	Avg	F	5	10	20	Avg
• Actividad baja [i]	Eh @3' 6" AFG en el área de servicio o carga designada definida por un radio de 9' desde el centro de cada cara de la estación de carga;Ev @cara de la estación de carga incluyendo el dispositivo de transacción.										
• LZ4 [j]		I	15	30	60	Avg	I	15	30	60	Avg
• LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		H	10	20	40	Avg	H	10	20	40	Avg
• LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		G	7.5	15	30	Avg	G	7.5	15	30	Avg
• LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		F	5	10	20	Avg	F	5	10	20	Avg
• LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	E	4	8	16	Avg	E	4	8	16	Avg
ESPACIOS DE APOYO											
• Salas de arreglos											
• General	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Avg	N	75	150	300	Avg
• Áreas de trabajo	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Avg	P	150	300	600	Avg
• Guardarropas o Guardarropía	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Salas de fotocopias e impresión											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Armario de conserjería	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg
• Recepción/envío											
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg
• Recepción/preparación	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Salas de almacenamiento	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg
• Almacenamiento											
• Alimentos	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES /Servicio de comida										
• Uso frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg
• Uso poco frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Avg	H	10	20	40	Avg
• Valet	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Avg	K	25	50	100	Avg
BAÑOS/VESTUARIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
Max: Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
2:1	2:1					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1						
2:1	2:1					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1	2:1 (4:1)					
2:1						
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) — Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VENTA MINORISTA, AL AIRE LIBRE																		
· **Actividad media** [i]	Eh @3' 6" AFG en el área de servicio o carga designada definida por un radio de 9' desde el centro de cada cara de la estación de carga;Ev @cara de la estación de carga incluyendo el dispositivo de transacción.																	
· **LZ4** [j]		J	20	40	80	Avg	J	20	40	80	Avg	2:1	2:1					
· **LZ3** [j] **(y toque de queda LZ4)**		I	15	30	60	Avg	I	15	30	60	Avg	2:1	2:1 (4:1)					
· **LZ2** [j] **(y toque de queda LZ3)**		H	10	20	40	Avg	H	10	20	40	Avg	2:1	2:1 (4:1)					
· **LZ1** [j] **(y toque de queda LZ2)**		G	7.5	15	30	Avg	G	7.5	15	30	Avg	2:1	2:1 (4:1)					
· **LZ0** [j] **(y toque de queda LZ1)**	Control con sensores de movimiento k	F	5	10	20	Avg	F	5	10	20	Avg	2:1						
· **Actividad baja** [i]	Eh @3' 6" AFG en el área de servicio o carga designada definida por un radio de 9' desde el centro de cada cara de la estación de carga;Ev @cara de la estación de carga incluyendo el dispositivo de transacción.																	
· **LZ4** [j]		I	15	30	60	Avg	I	15	30	60	Avg	2:1	2:1					
· **LZ3** [j] **(y toque de queda LZ4)**		H	10	20	40	Avg	H	10	20	40	Avg	2:1	2:1 (4:1)					
· **LZ2** [j] **(y toque de queda LZ3)**		G	7.5	15	30	Avg	G	7.5	15	30	Avg	2:1	2:1 (4:1)					
· **LZ1** [j] **(y toque de queda LZ2)**		F	5	10	20	Avg	F	5	10	20	Avg	2:1	2:1 (4:1)					
· **LZ0** [j] **(y toque de queda LZ1)**	Control con sensores de movimiento k	E	4	8	16	Avg	E	4	8	16	Avg	2:1						
ESPACIOS DE APOYO																		
•**Salas de arreglos**																		
• **General**	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	R	250	500	1000	Avg	N	75	150	300	Avg	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
• **Áreas de trabajo**	E_h @2' 6"; E_v @4' AFF	T	500	1000	2000	Avg	P	150	300	600	Avg	1.2:1/1.5:1	1.2:1/1.5:1					
•**Guardarropas o Guardarropía**	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg		3:1					
• **Salas de fotocopias e impresión**																		
• **General**	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg		3:1					
• **Máquinas**	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg		3:1					
•**Armario de conserjería**	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg		3:1					
• **Recepción/envío**																		
• **Muelle**	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg		2:1					
• **Recepción/preparación**	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg		2:1					
•**Salas de almacenamiento**	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Avg	M	50	100	200	Avg		2:1					
• **Almacenamiento**																		
• **Alimentos**	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES /Servicio de comida																	
• **Uso frecuente**	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Avg	I	15	30	60	Avg		3:1					
• **Uso poco frecuente**	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Avg	H	10	20	40	Avg		3:1					
•**Valet**	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Avg	K	25	50	100	Avg		3:1					
BAÑOS/VESTUARIOS	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas (continuación en la página siguiente)

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Ascensores											
• Carga											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pasajeros											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Escaleras mecánicas/pasarelas móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Vestíbulos											
• Circulación, vestíbulos de ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
En las entradas de los edificios	Proximidad al exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar hacia o desde el exterior.										
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Salones											
• Descanso		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Recepción/Áreas de espera											
• Mostrador de recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• Mucha actividad i	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■			■
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	3:1					■
	3:1		■			■
	2:1		■		■	
	3:1		■			■
	ver Tabla 12.6		■		■	
	3:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■
	2:1		■			■

Notas para la Tabla 34.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 34.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 34.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser

diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 34.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

l. Para aplicaciones en las que la posición de la tarea es indefinida, como algunas ventas minoristas generales, el área de cobertura típica es la "sala o área designada" en las elevaciones planas indicadas. Para aplicaciones en las que se conoce la posición de la tarea, como exhibiciones fijas o diseños de góndolas específicos, es probable que se logre un enfoque más eficiente cuando la iluminancia objetivo se aplica a la "Tarea propiamente dicha o Área de tarea" y que puede implicar diferentes elevaciones planas que el diseñador debe acomodar.

Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Comercios Minoristas

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																		
• Ascensores																		
• Carga																		
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Umbral																		
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Pasajeros																		
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Umbral																		
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Escaleras mecánicas/pasarelas móviles	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Vestíbulos																		
• Circulación, vestíbulos de ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
En las entradas de los edificios	Proximidad al exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar hacia o desde el exterior.																	
• Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1					■
• Lejos de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Control de seguridad	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Salones																		
• Descanso		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Recepción/Áreas de espera																		
• Mostrador de recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver Tabla 12.6		■		■	
• Áreas de espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■			■
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con los escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
• Mucha actividad i	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■

Cuadro **34.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

Cuando las zonas de iluminación exterior nocturna no están definidas por una ordenanza local, su determinación debe ser abordada con los miembros del equipo y el cliente. Seleccionar una zona de iluminación exterior nocturna más alta de lo apropiado sólo sirve para aumentar innecesariamente las iluminancias y probablemente resulte en demasiada luz y deslumbramiento para el comprador. Esto puede afectar negativamente la experiencia y reducir la sensación de entusiasmo. La iluminación excesiva de las áreas peatonales puede fomentar la iluminación excesiva de las tiendas y los escaparates, ya que estos "compiten" por la atención en relación con la iluminación de las áreas peatonales. Por estas mismas razones, cuando las zonas de iluminación exterior nocturna están establecidas por ordenanza, tiene poco sentido insertar proyectos con zonificaciones más altas o más bajas, ya que tales variaciones sólo sirven para alentar a otros a buscar exenciones similares y perpetuar el problema.

34.2.6 SERVICIO DE ALIMENTOS

La iluminación para el servicio de alimentos se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. La iluminación para el servicio de alimentos se puede clasificar como aquella para la preparación y manipulación de alimentos, el consumo de alimentos y la limpieza. Estos criterios de iluminancia abordan la seguridad de quienes manipulan y preparan los alimentos, la seguridad de los alimentos para el consumo, que implica la inspección, la presentación de los alimentos para el consumo y la limpieza de los alimentos y las instalaciones. En los EE. UU., la iluminación para la preparación de alimentos comerciales e institucionales debe cumplir con los requisitos del Código de Alimentos de la FDA para la iluminancia mínima que se basa en las pautas IES. Aparentemente, debido a la metrificación, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones IES. Independientemente, un diseño de iluminación debe cumplir con el código. Para evitar las consecuencias de una falla violenta de la lámpara y, por lo tanto, la contaminación de los alimentos, las lámparas utilizadas sobre las áreas de preparación de alimentos deben estar protegidas. Las nuevas tecnologías, incluidas las LED y OLED, no han sido examinadas para este aspecto. Consulte con los códigos actuales o con los funcionarios del código si tiene alguna pregunta.

34.2.7 ILUMINACIÓN PARA TAREAS DE TI

Se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Muchos establecimientos minoristas pueden tener pocas tareas de TI. Sin embargo, algunos establecimientos dependen de computadoras para operar, rastrear y realizar funciones.

34.2.8 CENTROS COMERCIALES

Los centros comerciales interiores son instalaciones cubiertas. La introducción de la iluminación natural se considera un gran beneficio para la experiencia de compra y debe buscarse. Consulte la Figura 34.3. La acentuación en los centros

comerciales debe mejorar las compras, no competir con ellas, y por lo tanto es necesaria una aplicación cuidadosa. Cuando se planean características artísticas importantes, la acentuación puede ayudar a establecerlas como referencias icónicas para ayudar a orientarse. Cuando las paredes con características arquitectónicas forman telones de fondo o cuando los frentes de las tiendas consisten en vidrios limitados y se desean impresiones de amplitud y preferencia, se recomienda la iluminación de las paredes. La acentuación de áreas de servicio importantes o estaciones de conserjería ayuda a los compradores a identificarlas al llegar o al salir. Los servicios pueden incluir guardarropa, recogida de cochecitos y sillas de ruedas eléctricas, envoltura de regalos y valet. Los vestíbulos suelen servir como fondo neutro para la circulación frente a las atractivas fachadas de las tiendas, los escaparates, los expositores y los elementos decorativos. Si los centros comerciales albergan quioscos, puestos de mercado o carritos, la iluminación debe ser específica para el área de trabajo definida por cada quiosco en lugar de aumentar la iluminación en todo el vestíbulo.

Para la iluminación de eventos de entretenimiento relativamente sencillos, consulte las citas de AUDITORIA/ Citaciones por Desempeño en la Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Instalaciones Educativas. Para eventos teatrales profesionales con señales de iluminación secuenciadas al espectáculo, consulte con un diseñador de iluminación de teatro profesional. Consulte las citas de Servicio de Comidas en la Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes para conocer los criterios de iluminación relacionados con los patios de comidas. Para las áreas de comedor de los patios de comidas, la iluminación debe estar relacionada con el tipo de establecimientos de comida y el estilo arquitectónico del centro comercial.

Los desafíos de mantenimiento en los centros comerciales son el resultado de una arquitectura de gran volumen y, por lo general, de cielorrasos altos y de las horas durante las cuales se puede realizar el mantenimiento sin afectar la experiencia de compra. El equipo de iluminación al que se puede acceder desde arriba es adecuado, pero se debe considerar el costo de los caminos de acceso y las pasarelas. Las lámparas de larga duración y el uso disciplinado de los controles son útiles para extender la vida útil en servicio. Los LED confiables y garantizados pueden ser adecuados, según las distancias de proyección y las áreas de cobertura. Independientemente de ello, el acceso al equipo de iluminación debe coordinarse con el equipo de diseño y el cliente.



FIGURA 34.3 | CENTROS COMERCIALES

Incluso en estructuras relativamente estrechas y altas, las estrategias de iluminación cenital con luz natural pueden proporcionar suficiente iluminación para las áreas de circulación y descanso.

» Imagen ©Michele Falzone/JAI/Corbis

34.2.9 ESTACIONAMIENTO

La iluminación para estacionamientos se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

34.2.10 CAMINOS PEATONALES

La iluminación para caminos peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

34.2.11 VENTA MINORISTA EN INTERIORES

La venta minorista en interiores implica la iluminación del área comercial, el área de transacción de ventas, los escaparates y los envoltorios y embalajes. Dependiendo del minorista, algunos de estos aspectos se distinguen en áreas o incluso habitaciones claramente diferentes. El área comercial en sí consta de circulación, exhibiciones destacadas, áreas minoristas generales y perímetros. Sin embargo, las calidades de color de la luz, los estilos de equipo e incluso los efectos de iluminación se coordinan para lograr armonía.

PROBADORES

En las tiendas de ropa y donde los arreglos son parte de la estrategia de venta, se utilizan probadores y áreas de prueba. Si los arreglos no son parte de la estrategia, entonces los probadores son suficientes. Tanto los probadores como las áreas de prueba deben estar iluminados para destacar al comprador. La iluminación vertical es importante. En situaciones de alto nivel y en los probadores de sastrería, son apropiadas iluminancias verticales más altas. El plano de aplicación es el del cuerpo del comprador orientado hacia el espejo. En las áreas de prueba, puede ser necesaria la iluminancia vertical para el plano orientado en la dirección opuesta al espejo dependiendo de los requisitos de sastrería. Estas iluminancias verticales se logran mejor con iluminación frontal difusa, como apliques de pared en el espejo combinados con luz difusa en el cielorraso para proporcionar algo de iluminación superior.

VENTA MINORISTA: CIRCULACIÓN; EXHIBIDORES DESTACADOS; ÁREAS MINORISTAS GENERALES; PERÍMETROS

La iluminación minorista debe adaptarse al tipo de mercancía y, en consecuencia, a la clasificación del minorista. Hay 16 clasificaciones minoristas citadas en la Tabla 34.2. Cada clasificación incluye criterios para la circulación, exhibidores destacados, áreas minoristas generales y perímetros de la tienda. Es necesario un plan detallado de la tienda para que el diseñador pueda:

• Establecer contrastes apropiados entre mercancías, exhibiciones y fondos

• Usar la energía de iluminación disponible

• Establecer ubicaciones de luminarias de acento con ángulos de orientación óptimos.

Si los planes de la tienda no se pueden resolver al momento del diseño de iluminación o si la dirección del diseño es de “máxima flexibilidad”, entonces los diseños de iluminación resultantes pueden comprometer los efectos de iluminación y la experiencia de compra.

La iluminación de circulación establece una condición básica de iluminancias horizontales y verticales uniformes y relativamente bajas donde se designa la circulación. La luz difusa de los expositores, las áreas minoristas generales y los perímetros puede dar como resultado iluminancias de circulación mayores que las recomendaciones de IES una vez que se diseñan estos componentes y se incluyen sus efectos. Cuando la iluminación general minorista y perimetral se logra a partir de sistemas de iluminación integrados arquitectónicamente fijos, su luz difusa se puede calcular y considerar como parte o la totalidad del sistema de iluminación de circulación. Las figuras 34.4 y 34.5 ilustran dicho enfoque. Los expositores pueden y deben ser puntos focales importantes para guiar a los compradores hacia y a través de la tienda. Por lo general, estos se iluminan mejor con iluminación dirigida a la superficie o superficies que son más visibles desde

direcciones de visualización clave. Por lo general, estas son superficies verticales que pueden ser horizontales o una combinación de ambas. En la vida de una tienda, todas son posibles y el diseñador debe desarrollar una solución en consecuencia. La dirección de visión principal es típicamente la entrada principal a un departamento o área y, si el área de la tienda es grande, puede existir una dirección de entrada secundaria. La exhibición total debe estar iluminada a una iluminancia base identificada en la Tabla 34.2 como cita de “Venta Minorista General” bajo las diversas clasificaciones minoristas de VENTA MINORISTA, INTERIOR. Luego, el 25% de la exhibición de características debe resaltarse a cinco veces la iluminancia base. Para mayor énfasis y variedad visual, otro 10% de la exhibición puede deslumbrarse a diez veces la iluminancia base. El efecto de deslumbramiento puede ser particularmente apropiado en exhibidores de baja reflectancia. Vea la Figura 34.4. El uso de tal disposición crea un contraste dramático en toda la exhibición, introduce intriga visual y evita el desvanecimiento y la uniformidad de las exhibiciones de características en toda la tienda. Sin embargo, para mantener un grado apropiado de intriga, interés y atención, los elementos de exposición deben limitarse en número. La iluminación general de los comercios minoristas se utiliza para iluminar la mercancía que se va a vender. Si una gran parte de la mercancía está iluminada con elementos de exposición, ninguna mercancía tiene el interés visual y la emoción que resultan de un enfoque selectivo y el resultado es un espacio de venta sobre iluminado. Con respecto al efecto de resaltar y deslumbrar, consulte la discusión a continuación sobre la decoloración y el desvanecimiento de la mercancía.



FIGURA 34.4 | EXHIBIDORES DE OBJETOS

Los exhibidores de objetos se utilizan para atraer a los compradores a través de la intriga visual y el entusiasmo. La iluminación es un medio necesario para ese fin. Aquí, una serie de maniquíes y efectos de iluminación de exhibidores de objetos parecen sugerir una pasarela de moda y, en conjunto, brindan un elemento focal significativo. Un exhibidor de objetos en el fondo medio izquierdo atrae la atención hacia esa área e invita a una mayor exploración. Aquí se utiliza iluminación perimetral para acentuar un fondo arquitectónico de madera. En lugar de un baño uniforme continuo en una gran área del cielorraso o las paredes, se utilizan detalles de iluminación para realzar la yuxtaposición de planos (consulte la Tabla 12.1b | Factores Espaciales: segunda parte). La luz dispersa de la iluminación arquitectónica perimetral puede abordar parte o la totalidad de la iluminancia de circulación.

» Imagen ©WWD/Conde Nast/Corbis

La iluminación del área general de venta minorista es más espectacular si puede apuntar a las exhibiciones de mercancías, ya sean mesas, góndolas, estantes o estanterías. Esto se puede lograr colocando estratégicamente el equipo de iluminación ópticamente apropiado. Esto puede requerir una serie de ensayos y errores en el modelado virtual para una situación dada para equilibrar los efectos de iluminación, iluminancias y energía. Sin embargo, cuando es necesario un alto grado de flexibilidad o cuando las exhibiciones de mercancías están dispuestas de manera compacta o cambian significativamente de tamaño y posición con regularidad, como los electrodomésticos, pueden ser apropiadas las disposiciones generales uniformes del equipo de iluminación. La Figura 34.6 ilustra un enfoque en el que la mercancía está dirigida deliberadamente. Las áreas perimetrales deben iluminarse para atraer la atención hacia la tienda. Aunque una iluminación perimetral consistente y uniforme puede hacer que una pequeña boutique parezca más espaciosa, este enfoque en tiendas o departamentos grandes puede resultar en monotonía visual a menos que se utilicen gráficos, señalización o color, como se ilustra en la Figura 34.8. El diseñador debe establecer qué superficies perimetrales son dignas de iluminación. Es decir, qué superficies perimetrales, cuando se iluminan, atraerán mejor la vista y el comprador para explorar. A veces, esto implica iluminar tratamientos interesantes de pared o cielorraso a lo largo del perímetro, como los de la Figura 34.4. En otras ocasiones, dependiendo de la exhibición de la mercancía, esto implica iluminar la mercancía con iluminancias de "Venta Minorista General" con alguna iluminación de exhibición de características intermitentes, como se ilustra en las Figuras 34.5 y 34.7.

Con la iluminación del perímetro, el orden visual es importante. Dado que las superficies del perímetro son, en la mayoría de los casos, superficies arquitectónicas bien organizadas, los patrones de brillo ubicados y dimensionados al azar pueden ser desconcertantes en un entorno minorista, aunque esto depende de la estrategia de comercialización y la arquitectura.

ÁREAS DE TRANSACCIÓN DE VENTAS

Las áreas de transacción de ventas deben estar iluminadas para satisfacer las demandas de los compradores y el personal de ventas que escanea visualmente facturas o recibos de crédito y verifica la mercancía. Dependiendo del tipo y tamaño de la tienda o departamento, se puede emplear el acento de la señalización, elementos del cielorraso, fondos o características o superficies de transacción específicas para atraer la atención.

VITRINAS DE EXHIBICIÓN

Una forma de publicidad, las vidrieras de exhibición se utilizan para ayudar a los compradores de destino a identificar su destino o para atraer al comprador impulsivo. Los criterios de iluminación de los escaparates dependen de la aplicación de la ventana: hacia el interior o hacia el exterior. Las ventanas orientadas hacia el interior se emplean generalmente en centros comerciales cerrados o dentro de una tienda donde hay poca o ninguna luz natural. Al igual que en los escaparates de tiendas, las recomendaciones de iluminación para los escaparates incluyen la iluminación total del escaparate, el resaltado y la iluminación deslumbrante. Durante las horas de luz del día para los escaparates que dan al exterior, es necesaria la iluminación deslumbrante. Durante las horas de funcionamiento oscuras o para los escaparates que dan al interior, especialmente donde no hay luz natural disponible, la iluminación de efecto deslumbrante puede ser innecesario en todos los escaparates, excepto en uno o unos pocos. Con respecto al efecto deslumbrante, consulte la discusión a continuación sobre decoloración y blanqueo de la mercancía. Durante las horas de luz diurna, se deben utilizar iluminancias muy altas en al menos una parte de los escaparates que dan al exterior. La acentuación es más efectiva cuando los toldos, marquesinas o la arquitectura vecina limitan la luz natural disponible. Un elemento que puede generar confusión es el acristalamiento. Es probable que el vidrio con una T_{vis} inferior al 70 % presente reflejos veladores lo suficientemente graves como para impedir o limitar en gran medida la vista de estos escaparates que dan al exterior (consulte la Figura 12.24). Hay acristalamientos disponibles que presentan una calidad de bajo deslumbramiento o no reflectante y una T_{vis} de al menos el 98 %.

La iluminación de los escaparates que dan al exterior durante las horas de funcionamiento oscuras se relaciona con el nivel de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna del área. La iluminación debe apagarse a la hora del toque de queda o del cierre del negocio, lo que ocurra más tarde. Cuando el toque de queda ocurre antes del cierre, la iluminación debe atenuarse de acuerdo con los criterios recomendados en la Tabla 34.2.



FIGURA 34.5 | ILUMINACIÓN PERIMETRAL

La iluminación perimetral ilumina la mercancía y promueve una sensación de amplitud (ver Tabla 12.2 | Impresiones subjetivas). Una cantidad suficiente de luz dispersa proveniente de la iluminación perimetral puede abordar la iluminación de circulación. Las luminarias de ranura ubicadas en el centro albergan accesorios de acento ajustables en varias zonas de control para permitir una iluminación de características selectivas.

» Imagen ©Giuseppe Cacace/Getty Images



FIGURA 34.6 | ILUMINACIÓN DE LOS EXPOSITORES MINORISTAS

Una parte del área general de venta minorista en una tienda de comestibles normalmente consta de estanterías. Además de la iluminación ambiental, un sistema de iluminación de acento localizada dirigida específicamente al expositor minorista puede proporcionar un mayor interés visual y ofrecer un mejor control del deslumbramiento y, en consecuencia, una experiencia de compra más cómoda. Aquí, un detalle similar a una cenefa en la parte superior de las estanterías localiza la iluminación hacia la mercancía. La iluminancia total del expositor resulta de la contribución del sistema ambiental y del sistema de acento del expositor. El diseñador debe explorar la óptica de la luminaria y la geometría de montaje para maximizar las iluminancias con un uso limitado de energía.

» Imagen ©Chuck Savage/CORBIS



FIGURA 34.7 | ILUMINACIÓN PERIMETRAL Y EXHIBICIONES ESPECIALES

La iluminación perimetral se utiliza para dirigir la atención de los compradores. En el proceso de circulación hacia la zona perimetral más iluminada, se anima a los compradores a explorar la mercancía. La iluminación perimetral en la parte superior central es parte de una zona de asientos. En el área de la parte superior derecha, la iluminación de exhibición especial y la iluminación perimetral son una misma. Un beneficio secundario de la iluminación perimetral cuando se aplica de manera uniforme como aquí, es que promueve una sensación de amplitud (consulte la Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas). Dependiendo del estilo arquitectónico o la imagen de la marca, se utiliza iluminación portátil o decorativa. Para la iluminación portátil, se deben tomar previsiones para la energía y los controles. Para las lámparas de araña, colgantes y apliques de pared, se deben establecer ubicaciones que funcionen con el plano de la tienda y no entren en conflicto con la iluminación de la mercancía o la exhibición especial. » Imagen ©Todd Williamson/Getty Images



FIGURA 34.8 | ILUMINACIÓN PERIMETRAL

La iluminación perimetral se utiliza aquí para dirigir a los compradores a zonas interiores más profundas de la tienda y resaltar la señalización. En situaciones de venta masiva de productos, una iluminación perimetral más continua puede definir departamentos enteros y servir como fondo contra el cual se exhiben, por ejemplo, electrodomésticos y televisores de gran tamaño. » Imagen ©Rick Friedman/Corbis

ENVOLTURA Y EMBALAJE

La iluminación en las estaciones o salas de envoltura y embalaje debe adaptarse al proceso de inspección del paquete de la mercancía, selección de materiales de envoltura, colocación de la mercancía y materiales de embalaje en una caja u otro contenedor, sellado, envoltura y, si es necesario, dirección del paquete. Estas áreas pueden funcionar de manera

muy similar a los espacios de comercialización, con iluminación de acento empleada en el papel de envoltura y exhibiciones de contenedores.

SERVICIO

Cuando las tiendas ofrecen servicios de reparación, en particular los minoristas de automóviles y las estaciones de servicio, la iluminación debe abordar las respectivas áreas de trabajo. La iluminación ambiental se usa típicamente en combinación con iluminación arquitectónica y portátil para tareas. La Figura 34.9 ilustra estos conceptos y la importancia de las reflectancias de la superficie de las paredes y el cielorraso para lograr una operación eficiente, así como una apariencia de limpieza.

CUALIDADES DE COLOR DE LA LUZ

La temperatura de color y las cualidades de reproducción de color de la iluminación deben revisarse y documentarse cuidadosamente durante el proceso de diseño. La temperatura de color se puede racionalizar en muchos niveles: clasificación del minorista; calidad de la mercancía; preferencia del cliente; y preferencia del diseñador. La blancura de la luz podría decirse que contribuye a la atmósfera y el estado de ánimo generales. Cuando se desea una apariencia más residencial o menos institucional, pueden ser apropiados los CCT de 2700 K a 3200 K. Cuando se desea un color de luz blanco neutro, se deben considerar los CCT de 3300 K a 4100 K. Cuando se desea un color de luz blanco nítido, se deben considerar los CCT de 4200 K a 6500 K.

Las modelizaciones (renders) o al menos revisiones de muestra de lámparas operables son apropiadas antes de la especificación final. La reproducción de color afecta la discriminación visual de tonos de color y contraste. Cuando se utilizan productos coloridos y acabados arquitectónicos, se obtiene una escena rica y vívida con una luz de reproducción de color alta. Para muchas aplicaciones minoristas, se debe considerar un CRI de 80 como mínimo. Las lámparas con CRI más bajos reproducirán muchos colores como apagados o embotados. Las maquetas o revisiones de muestra de lámparas operables que exhiban los CRI propuestos son apropiadas antes de la especificación final. Hacer coincidir los CCT y los CRI para las lámparas eléctricas es deseable, pero a menudo poco práctico, si no imposible. Sin embargo, para limitar las diferencias duras y fácilmente obvias, a menos que se deseen lograr un efecto, se debe intentar hacer coincidir los CCT y los CRI de una fuente eléctrica con otra. La luz natural exhibe una amplia gama de temperaturas de color según la hora del día, las condiciones del cielo y el vidrio de la abertura de luz natural.

Hacer coincidir los CCT de la luz eléctrica con la luz natural suele ser injustificado, si no inútil, dada la naturaleza fugaz de la luz natural. La luz natural exhibe un CRI de 100 durante la mayoría de las condiciones de luz natural. Muchos compradores aprecian el acceso a la luz natural para revisar el color de muchos productos, ya que es probable que se vean al aire libre o en condiciones de luz natural en interiores.

RECURSOS DE COLOR IESH/10e

> 6.2.5 Temperatura de color y temperatura de color correlacionada

• para obtener más información sobre la apariencia de la lámpara energizada

> 6.3 Reproducción de color

• para obtener más información sobre el efecto de la lámpara energizada en las superficies

> 6.4 Especificación de color de materiales

• para obtener más información sobre el color de la superficie y la reflectancia

> 12.5.6 Consideraciones de color

• para obtener más información sobre el uso de la temperatura de color y la

reproducción de color





FIGURA 34.91 ILUMINACIÓN AMBIENTAL Y DE TAREAS

Estas instalaciones de servicio emplean sistemas de iluminación ambiental y de tareas. En la imagen superior, las luminarias fluorescentes montadas en la pared iluminan las tareas (las áreas de banco y capó del vehículo). En la imagen inferior, las luminarias fluorescentes en el cielorraso están ubicadas estratégicamente en las tareas (áreas del capó). Los cielorrasos y las paredes blancas son necesarios para maximizar la eficiencia y la difusión.

» Imagen superior ©Rick Gomez/Corbis

» Imagen inferior ©Don Mason/Corbis

DECOLORACIÓN Y BLANQUEAMIENTO DE LA MERCANCÍA

La iluminación de los expositores, en particular la iluminación intensa y deslumbrante, y la luz natural no controlada pueden decolorar y blanquear la mercancía. El grado de susceptibilidad depende de la mercancía. Algunos materiales son susceptibles a los rayos UV, infrarrojos, radiación visible o alguna combinación de ellos. Cuando la mercancía es un producto uniforme y universalmente susceptible a una radiación específica, como el chocolate a los rayos IR, se puede emplear la selección de lámparas o filtros de lámparas y esmaltado en los medios de luz natural y en las vitrinas. Cuando la mercancía se mueve periódicamente o simplemente cambia estacionalmente, puede resultar poco práctico seleccionar lámparas que aborden tanto los rayos IR como los UV y que sigan proporcionando una iluminancia y una calidad de color adecuadas. Se pueden utilizar varias técnicas para limitar la exposición a la decoloración y el blanqueamiento:

• Rotar la mercancía

• Exhibir los artículos de sacrificio

• Automatizar los controles

La rotación de la mercancía requiere la intervención del personal para sacarla de la condición de alta iluminancia en un ciclo de 7 a 10 días. Sacrificar artículos para fines de exhibición y no para la reventa requiere la conformidad e intervención

del personal del minorista. Los controles automatizados pueden incorporar funciones de fotocélula y reloj para ajustar los niveles de luz y simplemente apagar las luces de forma regular para minimizar la exposición. Cuando la mercancía tiene una alta tasa de rotación o cuando su embalaje es opaco o la mercancía consta de materiales y acabados duraderos, puede que no sea necesario tomar medidas para limitar la decoloración y el blanqueo. La información de programación o las entrevistas con el propietario de la tienda o los diseñadores de la exposición de la mercancía deberían revelar cualquier necesidad de control de IR o UV. Las telas y los tintes naturales pueden ser especialmente susceptibles. La Tabla 21.3 | Categorías de Sensibilidad a la Luz identifica algunos materiales y su sensibilidad relativa a los rayos UV. La Sección 21.2.7.2 Objetos analiza el control de los rayos UV para objetos dignos de conservación. El embalaje o la mercancía que se considera más sostenible puede ser más vulnerable a los rayos UV y a los rayos IR.







FIGURA 34.10 | VENTAS DE AUTOMÓVILES La luminancia del vehículo se ilustra claramente en la imagen superior. Incluso con iluminancias exteriores bajas, los vehículos de colores más claros atraerán una atención visual significativa. Las luminarias de poste de corte sencillo pueden proporcionar iluminancias apropiadas en las áreas minoristas para una visualización nocturna informal. Las luminarias de potencia relativamente baja con ópticas altamente controladas limitarán la intrusión de luz y la luz ascendente. Las lámparas deben empotrarse completamente en la carcasa de la luminaria sin lentes para un mejor control del deslumbramiento de la iluminación general. Los LED pueden ofrecer reflejos deslumbrantes y brillantes de los vehículos, pero deben estar bien controlados ópticamente para limitar el deslumbramiento directo. Las lámparas con CRI ≥ 80 son apropiadas. La iluminación general de la sala de exposición consta de tres técnicas: indirecta difusa; acento lineal; y directa. El efecto combinado de estos en la forma, los contornos y el acabado son evidentes en la imagen inferior. El automóvil ubicado inmediatamente fuera de la sala de exposición también se beneficia de las luminancias de la iluminación indirecta y de acento lineal.

» Imágenes ©Jim R. Bounds/Bloomberg vía Getty Images

34.2.12 COMERCIO MINORISTA, EXTERIOR

La iluminación exterior del comercio minorista implica la iluminación de las áreas de compra y transacción. A diferencia del comercio minorista interior, el estado de adaptación de los compradores es mucho menor en el exterior. La iluminación debe diseñarse para esta condición de visibilidad exterior en lugar de intentar imponer iluminancias interiores. El comercio minorista exterior tiene pocas paredes y cielorrasos para contener y reflejar la luz. La iluminación debe diseñarse y controlarse para abordar tareas y superficies específicas en lugar de intentar iluminar uniformemente un entorno. El entorno nocturno se ve muy afectado por la iluminación eléctrica. La iluminación debe ser ópticamente apropiada y controlada eléctricamente para colocar la luz sólo donde y cuando sea necesaria en las iluminancias recomendadas citadas en la Tabla 34.2. En general, los criterios de iluminancia son mucho menores que para las situaciones interiores. El contraste de color, generalmente mejorado con lámparas que exhiben CRI ≥80, puede ayudar, hasta cierto punto, a compensar las iluminancias bajas en situaciones exteriores.

Consulte 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES para obtener información adicional relacionada con las sensibilidades exteriores que involucran la intrusión de luz y la contaminación lumínica.

VENTAS DE AUTOMÓVILES

Además de una sala de exposición y un centro de servicio en el interior, una propiedad de ventas de automóviles suele estar compuesta por caminos de circulación al aire libre, vehículos destacados, aparcamiento, preparación y almacenamiento, y área de ventas o venta minorista. Adapte la iluminación de estas propiedades a los niveles previstos de actividad y las zonas de iluminación exterior nocturna dentro de las cuales se encuentran.

Las ventas de automóviles al aire libre generalmente implican que los compradores de destino vean los modelos y que los compradores reciban los vehículos en horarios convenientes. Las tareas visuales incluyen inspecciones generales de las formas, componentes, molduras y acabados del vehículo y las calcomanías de las ventanas. Quizás la más fácil de estas tareas sea leer las calcomanías de las ventanas. Las fuentes de tinta negra de estilo simple estandarizadas, con tipos de letra grandes y en negrita que describen la información clave en tamaños de etiqueta generosos ofrecen ventajas inherentes. Junto con la falta de penalizaciones reales en la velocidad y la precisión del rendimiento visual, esta tarea requiere una iluminación relativamente baja.

Las formas, componentes y molduras de los vehículos se pueden evaluar tentativamente en iluminancias relativamente bajas, como se ve en la Figura 34.10. Sin embargo, las evaluaciones completas y detalladas se realizan mejor en iluminancias y luminancias muy altas, siendo preferible la luz del día, o en las condiciones de la sala de exposición en interiores donde se debe disponer de cierta cantidad de iluminación indirecta difusa, acentos lineales y resaltados para evaluar la chapa metálica y otros materiales formados, sus contornos, calidades de superficie, calibres y ajuste, como se ve en la imagen inferior de la Figura 34.10.

Los acabados de los vehículos sólo se pueden evaluar tentativamente en iluminancias relativamente bajas. La evaluación de la calidad de la aplicación del acabado, incluida la consistencia, la profundidad, la cobertura, el contenido de escamas o iridiscencia, si la hubiera, y el color se realiza mejor en la luz del día o en condiciones de sala de exposición. Los aspectos del color incluyen la evaluación de la combinación de colores, cuando corresponda, entre varios sustratos como metal, plástico, fibra de vidrio y compuestos. Las revisiones de color bajo iluminación eléctrica en estados mesópicos y fotópicos son discutiblemente razonables cuando las lámparas muestran CRI ≥80.

Se utilizan controles para atenuar o atenuar gradualmente la iluminación al cierre o toque de queda. Para un mejor ahorro de energía, una vida útil prolongada y un beneficio ambiental, las luces pueden apagarse excepto cuando sea necesario para la seguridad. Cuando se utilizan lámparas de encendido instantáneo, los sensores de movimiento son medios apropiados de control después del horario laboral.

ESTACIONAL AL AIRE LIBRE

Los mercados al aire libre generalmente consisten en puestos de productos o zonas de venta designadas donde se exhibe mercancía de temporada para la venta. La iluminación debe adaptarse al nivel previsto de actividad y a la zona de iluminación exterior nocturna en la que se encuentra el mercado. La iluminación minorista general debe estar bien controlada ópticamente para limitar la intrusión de luz, la contaminación lumínica y el deslumbramiento. Las luminarias RLM tradicionales que utilizan reflectores profundos con lámparas empotradas sobre la parte inferior del reflector pueden ser efectivas. Las luminarias contemporáneas con ópticas apropiadas para sensibilidades exteriores también están disponibles para iluminación general y de exhibición de características.

ESTACIONES DE SERVICIO

La iluminación exterior de las estaciones de servicio, al igual que la de otras tiendas exteriores e interiores, debe estar orientada a las tareas visuales con poca luz externa. Esto minimiza el deslumbramiento y dirige de manera eficiente la energía de la iluminación para lograr el mejor efecto visual y rendimiento. Los criterios de iluminancia se basan en el nivel de actividad anticipada y la zona de iluminación exterior nocturna en la que se encuentra la estación de servicio. Esto se coordina con los estados de adaptación de los conductores. Consulte la Figura 34.12. El equipo de dispensación está evolucionando desde la gasolina y el diésel a los combustibles alternativos, incluida la electricidad. Al momento de la publicación, la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) ha adoptado estándares para dos niveles de equipo de carga y se está considerando un tercero [6]. Es probable que las estaciones de carga de Nivel 2 y Nivel 3 sean accesibles en estacionamientos y estaciones de servicio. Se deben monitorear sus formatos y ubicaciones y la naturaleza de la tarea de carga, ya que estos aspectos pueden requerir iluminancias distintas a las recomendadas en la Tabla 34.2.

34.2.13 ESPACIOS DE APOYO

Estas citas relativamente denominadas Detrás de la Casa se explican por sí solas.

34.2.14 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación para baños y vestuarios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Abordar las áreas funcionales de los accesorios, como inodoros, urinarios, tocadores, proporcionará suficiente luz donde sea necesario sin iluminar demasiado todo el cuarto de baño. Los tocadores son problemáticos cuando se diseña poca o ninguna iluminación vertical para iluminar un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros) frente a los espejos. Los tratamientos de diseño varían según la clasificación minorista.

La luz vertical en las caras de los casilleros ayudará con el uso de los casilleros.

***RLM** era originalmente un acrónimo de Reflector and Lamp Manufacturers, una asociación formada por GE y Electrical Testing Laboratories a principios del siglo XX para desarrollar y promover estándares para reflectores de luminarias. Algunos modelos antiguos sobreviven o han sido revividos hoy con opciones de lámparas modernas. Su construcción y apariencia simples los hacen indiscutiblemente atemporales [5]. Ver Figura 34.11.*



FIGURA 34.11 | LUMINARIAS RLM

La serie de luminarias en primer plano superior son variaciones de las RLM utilizadas para iluminar estos escaparates de mercado.

» Imagen ©iStockphoto/Natalia Bratslavsky



①

②





③


④

FIGURA 34.12 | ESTACIONES DE SERVICIO

La iluminación descendente orientada a tareas identifica el equipo de dispensación desde cierta distancia e ilumina la tarea localmente ①

En la imagen ②, luminarias empotradas diseñadas con reflectores asimétricos especiales con un centro focal dirigido a cada señal y un centro focal dirigido a la cara de cada dispensador. Las lámparas son fluorescentes T5/HO que exhiben un CCT de 6500 K. El equipo de iluminación directa debe utilizar ópticas de luminaria para controlar la propagación de la luz y el deslumbramiento. Las lentes deben estar empotradas por encima de la parte inferior de la luminaria o al ras de ella. Las lentes caídas son inapropiadas. Un enfoque indirecto en la imagen ③ ilumina de manera difusa el área de abastecimiento de combustible sin deslumbramiento. El dosel abovedado confina la luz.

La imagen ④ ilustra una estación de carga para vehículos eléctricos.

①» Imagen ©Klaus Hackenberg/Corbis

②» Imagen ©Abdi Ahsan/Lumina Group

③» Imagen ©iStockphoto/Magdalena Jankowska

④» Imagen ©Rebecca Cook/Reuters/Corbis

34.2.15 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La mayoría de estos espacios se explican por sí solos. Los códigos pueden exigir iluminancias diferentes en algunas áreas de circulación, incluidos ascensores, escaleras mecánicas y escaleras que el diseñador debe abordar.

Por lo general, para lograr coherencia visual y una imagen de marca total de la tienda, así como para facilitar el mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.

34.3 CRITERIOS DE LUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se incluyen notas relacionadas con varios aspectos delineados en la Tabla 34.2.

34.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 34.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado hacer referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para los tipos de espacios o funciones cambian para adaptarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 34.2 para determinar si alguna aplicación o tarea presenta un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretenda hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

34.3.2 NOTAS

Las notas pueden hacer referencia a otros encabezados de aplicaciones y tareas en la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

34.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea posible y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier combinación de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas previstas hasta el momento en que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza en grupo. El cambio de lámparas y la limpieza en grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que se realicen con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el cambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que la limpieza y el cambio de lámparas en grupo sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, en los que se pueden ofrecer promesas de una vida

útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lúmenes que esté certificada por el proveedor del LED. Consulte 13.3 Mantenimiento de la Vida Útil y el Lúmen.

Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Aparentemente, esto es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 34.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión que se genera con un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia que se genera con valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones difíciles. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del mismo debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben reflejar, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, típicamente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para la iluminación perimetral en situaciones de comercio minorista en interiores, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas dentro de las cercanías o por cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

En algunas situaciones, no se anticipa luz en uno o ambos planos de una tarea. Un guión indica que no se recomienda luz o que no se recomienda luz alguna para la tarea o aplicación, como por ejemplo, vidrieras exteriores durante la noche después del toque de queda en localidades LZ1.

34.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y el objetivo de iluminancia se debe determinar en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente. Por ejemplo, si el área de venta minorista general de una tienda de artículos para el hogar, el baño y la ropa de cama consta principalmente de exhibidores de productos orientados verticalmente, entonces se obtendrá una representación más atractiva de esas áreas de venta minorista general si los criterios de iluminancia horizontal de la Tabla 34.2 se asignan realmente como criterios de iluminancia vertical y viceversa. Sin embargo, esto presiona al diseñador para que preste atención a los problemas de deslumbramiento asociados con iluminancias verticales más altas. Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (Eh) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En muchas aplicaciones minoristas que admiten una variedad de exhibiciones de mercancías, las iluminancias de plano horizontal y vertical abordan la situación común en la que simultáneamente alguna mercancía o alguna porción de mercancía está en planos horizontales mientras que otra mercancía o porción está en planos verticales.

Cuando los objetivos de iluminancia están previstos para diferentes elevaciones planas, esto se indica en “Notas”. Por ejemplo, para exhibiciones de mercancías generales al aire libre (VENTA MINORISTA, EXTERIOR/AIRE LIBRE/Mercancía de Temporada), los objetivos de iluminancia Eh están previstos para 2’ 6” por encima del nivel del suelo, mientras que los objetivos de iluminancia Ev están previstos para 4’ 0”. Es necesario establecer y realizar un seguimiento de las orientaciones de las tareas y abordar tanto la iluminancia horizontal como la vertical. Si las orientaciones en el proyecto en cuestión están programadas para que se inviertan con respecto a lo que podría considerarse una visión normal,

entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

En el caso de los planos relacionados con los objetivos de iluminación vertical, se indican algunas pautas en la sección "Notas" en las que se considera que la orientación direccional del plano es sencilla y fácil de identificar. Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales pueden orientarse en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son los más apropiados para la situación. Por ejemplo, los expositores pueden tener una única dirección de visión o pueden tener múltiples direcciones de visión. Iluminar tres o cuatro lados donde los compradores sólo pueden ver desde una única dirección es un desperdicio de recursos. Iluminar uno o dos lados de un expositor con una vista de 360 grados puede ser una oportunidad perdida de atraer la atención de una cantidad significativa de compradores. El diseñador debe analizar la situación y determinar qué es lo que mejor se adapta a las necesidades del minorista.

34.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. El diseñador debe coordinar con el equipo de diseño y el minorista para establecer el grupo de edad de los observadores previstos. El mercado objetivo puede ser diferente al de quienes realizan la compra real, como los padres de los niños que compran, o el personal de ventas. Tal vez las áreas de transacción se iluminen según los criterios de un grupo de edad, mientras que las áreas minoristas y los exhibidores de artículos se iluminen según los de otro. Los aspectos de las edades de los observadores, los conjuntos de tareas para los grupos de edad y los objetivos de iluminancia se deben resolver durante la programación con el cliente. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.

34.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Estas se muestran en la Tabla 34.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

34.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se monitorean de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom.". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Min" o "Max" respectivamente.

El diseñador puede elegir usar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande.

En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, entonces cualquier desviación calculada de ellos debe ser limitada. Se puede aceptar una tolerancia de ingeniería estándar de ±10 % para los objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o de código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones se encuentren dentro de los límites de los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el

Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

34.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar molestias visuales, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, en particular aquellas con respecto a iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor aborda la aplicación o tarea citada primaria. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importantes sean la velocidad y la precisión y más exigente la tarea visual, más ajustada debe ser la relación.

34.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobre iluminación.

34.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

34.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

34.3.5 MEJORA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación gradual o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas. La luz natural debe

controlarse para proporcionar iluminancias apropiadas para la tarea. La iluminación excesiva con luz natural puede acelerar la decoloración y el blanqueo de la mercancía.

34.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, que en el comercio minorista incluyen casi todo lo que está detrás de un vidrio, son propensas a las reflexiones de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispone el reflejo por velo y que se indica con un icono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. En situaciones en las que la mercancía está detrás de un vidrio, los reflejos de veladura se minimizan analizando cuidadosamente la geometría de la luminaria al plano de vidrio y al comprador. Colocar el equipo de iluminación fuera de las orientaciones de visualización típicas puede ayudar, al igual que el uso de vidrio antirreflejo para la vitrina. El uso de iluminación dentro de la vitrina generalmente es superior, aunque los LED o la fibra óptica son mejores para evitar el calentamiento excesivo de la vitrina y limitar los rayos UV e IR (consulte la Figura 34.13).

34.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de la tarea, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican las áreas típicas de cobertura de iluminancia de la tarea, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es "tarea propiamente dicha o área de tarea". Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Tareas y Aplicaciones y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea. En algunas situaciones, como la acentuación, el área de "tarea" puede consistir en toda la pared cuando se desea acentuar una "pared característica" o un "perímetro". Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tarea y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tarea cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 34.2. En las áreas minoristas al aire libre, es más efectivo dirigir la luz a la tarea propiamente dicha o al área de tarea. La iluminación general, a menos que sea de un nivel extremadamente bajo sobre las zonas importantes ocupadas por los compradores, es inadecuada sobre áreas grandes de la propiedad comercial.

Otra área de cobertura es la "sala o área designada". En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la habitación o a un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada generalmente se establece por el departamento o el diseño de la tienda, por ejemplo, pero debe ser examinada por el equipo de diseño y el minorista. Sin embargo, si la tarea se limitará a una parte del área del departamento o si la habitación o el área en la que se ubica la tarea es relativamente pequeña, y si se abordan los otros objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces tiene mérito una estrategia de refinar el área o áreas de cobertura para la tarea propiamente dicha o el área de tarea. Esto puede dar como resultado un uso reducido de energía, un énfasis visual más significativo de la mercancía y una experiencia de compra visualmente más interesante y emocionante.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.



FIGURA 34.13 | VITRINAS

Los reflejos que se forman en las vitrinas detrás de un vidrio se pueden evitar mediante el uso de iluminación interna en la vitrina. Las luminarias LED o de fibra óptica limitan el calor en las vitrinas y limitan la radiación UV y R.

» Imagen ©Kenneth Johansson/Corbis

34.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para instalaciones minoristas y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• utilizar acentuación para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• utilizar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que simplemente cumplan con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales al aire libre

• utilizar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la posterior disposición por parte del equipo, el cliente o la Autoridad competente

• documentar claramente los diseños, controles y selección de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los observadores, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la tierra se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto ni cuánto valor de ingeniería se ahorró ni las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS ECONÓMICOS DE IESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre estimación de costos

• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

Recursos de eficiencia energética de IESH/1 Oe

> 17.2 Nueva construcción

• para obtener más información sobre el diseño para la iluminación natural

• para obtener más información sobre los equipos de iluminación eléctrica

• para obtener más información sobre los controles de iluminación

> 17.4 Códigos, Reglamentos y Normas de Iluminación

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para obtener más información sobre las normas de los equipos

IESH/10e RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

> 12.5.5.6 Iluminancias exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en la adaptación mesópica

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para obtener más información sobre los criterios

IESH/10e RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD

> 13.11 Sostenibilidad

• para obtener más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para obtener más información sobre controles

• para obtener más información sobre recursos de la tierra

• para obtener más información sobre energía

• para obtener más información sobre análisis del ciclo de vida

• para obtener más información sobre diseño de iluminación

• para obtener más información sobre reciclaje

34.5 REFERENCIAS

[1] Discovering "WOW" – A Study of Great Retail Shopping Experiences in North America. In: Wharton School of Business. [Internet]. cited October 2010. Available from: http://www.wharton.upenn.edu/news/news-release-new-retail-study.cfm.

[2] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. 2003. Table E5A. In: Electricity Consumption (kWh) by End Use for All Buildings [Internet]. DOE. [cited December 2008]. Available from: http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html#enduse03.

[3] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th Edition. New York: IESNA. Ch 17.

[4] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. Recommended practice for lighting merchandise areas IESNA RP-2-01. New York: IESNA.

[5] DiLaura DL. 2005. A history of light and Lighting. New York: IESNA. 416 p.

[6] Ponticel P. 2010. SAE standard on EV charging connector approved[In ternet]. Automotive Engineering International. [cited October 2010]. Available from: http://www.sae.org/mags/AEI/7479.


©Charles Townsend/ShutterPoint

35 / ILUMINACIÓN PARA DEPORTES Y RECREACIÓN

¿Sabes cuál es mi parte favorita del juego? La oportunidad de jugar.

Mike Singletary

Contenido

El deporte siempre ha formado parte de la civilización, pero sólo el crecimiento económico general y la prosperidad permiten disponer de tiempo libre suficiente para la recreación y el deporte. Como consecuencia de ello, ha aumentado la demanda de instalaciones para acoger a la gran cantidad de personas que quieren participar en eventos deportivos y buscan actividades de ocio atractivas que sean saludables y divertidas. Los deportes también se han convertido en una forma importante de entretenimiento. Los recintos para espectadores de deportes amateur, universitarios y profesionales son instalaciones complejas que deben proporcionar no sólo a los espectadores, sino también el equipo utilizado en la retransmisión deportiva moderna. Los deportes también son una parte importante de la educación, y los gimnasios, campos de pelota y otras instalaciones deportivas suelen formar parte de las escuelas y los centros de recreación municipales.

Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para aplicaciones deportivas que deben influir en las selecciones ópticas de luminarias, lámparas y diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (ver 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. La Práctica Recomendada de IESNA 21 para iluminación de áreas deportivas y recreativas muestra las mejores ubicaciones para colocar las luminarias y es una fuente invaluable de información para diseñar instalaciones deportivas [1] [2].

Se debe pensar deliberadamente en detalles que van más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, de la Tabla 35.3, para BÉISBOL/Cuadro Interior, la cita de iluminancia vertical no necesariamente revela la demanda de luz desde múltiples direcciones requerida para minimizar las sombras y proporcionar un buen modelado de la pelota y los jugadores. Aunque se puede lograr una iluminancia objetivo, la manera de lograrla puede ser tan importante como el valor en sí. Dichos detalles específicos no se enumeran para todas las tareas. La Tabla 35.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes y reemplazar los criterios IES. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

35.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Esto establecerá hasta qué punto la iluminación natural puede abordar la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la iluminación natural puede ser la fuente de luz principal. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN. La luz del día exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

En general, a medida que aumenta el nivel de habilidad, los jugadores y los espectadores requieren un entorno luminoso mejor y más sofisticado. Existe una correlación entre el tamaño de una instalación y el nivel de juego; por ejemplo, un mayor nivel de habilidad atrae a un mayor número de espectadores. A medida que aumenta el número de espectadores, aumenta su distancia de la superficie de juego y su necesidad de mayor iluminación para ver a los jugadores y las tareas requiere que los valores aumenten. En consecuencia, las instalaciones deben diseñarse para satisfacer a los jugadores más talentosos y dar cabida a la mayor capacidad potencial de espectadores. Es importante señalar que en las grandes instalaciones con capacidad para más de 10.000 espectadores, los criterios de iluminación suelen estar regidos por las necesidades de la televisión. En este capítulo no se incluyen recomendaciones para dichas instalaciones. Para determinar los criterios de iluminación, este capítulo agrupa las instalaciones en cuatro clases en función de los niveles de habilidad de los jugadores y el número previsto de espectadores. Véase la Tabla 35.2.

• Clase I: Juegos de competición ante un gran grupo de espectadores (5.000 o más). Sin embargo, a los efectos de esta Práctica, los criterios de iluminación para deportes individuales se limitan a una capacidad de espectadores de 10.000 o menos. Los criterios de iluminación para estadios y arenas importantes requieren consideraciones de diseño especiales, como valores de iluminancia vertical y horizontal no contemplados en esta Práctica, que pueden ser definidos por organizaciones deportivas y/o de radiodifusión individuales.

• Clase II: Juegos de competición con instalaciones para hasta 5.000 espectadores.

• Clase III: Juegos de competición con algunas instalaciones para espectadores.

• Clase IV: Juegos de competición o recreativos únicamente (sin provisión para espectadores).

Tabla 35.1 | Lista de Verificación de Iluminación Deportiva

Tópicos
✔ Recursos de Criterio y Diseño
Color
6.3 Reproducción Cromática 6.6 Aspecto del color 12.5.6 **Consideraciones de Color**
Controles
16 | **CONTROLES DE ILUMINACIÓN**
Luz Diurna
14 | **DISEÑO CON LUZ DIURNA**
Luz Eléctrica
15 | **DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA**
Parpadeo
4.6 **Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal**
Deslumbramiento
4.10.1 **Deslumbramiento Incómodo** 4.10.2 **Deslumbramiento Incapacitante**
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 35.3 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas Tabla 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea
Luminarias
8.2 Clasificación de Luminarias 8.3.3.2 Iluminación Deportiva
Luminancias
12.5.2 Luminancia Tabla 12.5 | Recomendaciones de Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 **Instalación y Mantenimiento**
Entorno Exterior Nocturno
Tabla 15.6| Estrategias operativas nocturnas para mejorar el entorno exterior
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 35.2 **Este Capítulo: Cuadro 35.3** **11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos** 12.5.1 **Tareas Visuales** **Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales**

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se debe realizar una evaluación del deporte o deportes que se jugarán, el nivel de juego y los requisitos de los espectadores que la instalación que se va a iluminar debe satisfacer. Los deportes pueden considerarse deportes aéreos o deportes a nivel del suelo. Dentro de cada uno de estos dos grupos, todas las actividades pueden dividirse en deportes multidireccionales y deportes unidireccionales.

35.1.1 DEPORTES AÉREOS

Estos deportes implican jugar con un objeto (como una pelota) que está en el aire al menos parte del tiempo. Las subcategorías principales son multidireccionales y unidireccionales.

35.1.1.1 MULTIDIRECCIONAL

Los deportes aéreos multidireccionales son deportes en los que los jugadores y espectadores ven el objeto de juego desde múltiples posiciones y ángulos de visión. Estos deportes exigen una iluminancia vertical crítica sobre la altura de toda el área de juego, así como una iluminancia horizontal a nivel del suelo. Es importante controlar el deslumbramiento directo ubicando las luminarias lejos de las direcciones de visión más frecuentes de los jugadores y espectadores. Los deportes aéreos multidireccionales típicos incluyen bádminton, béisbol, baloncesto, fútbol, balonmano, jai alai, salto de esquí, fútbol, squash, tenis y voleibol.

35.1.1.2 UNIDIRECCIONAL

Los deportes aéreos unidireccionales son deportes en los que el objeto de juego se ve en el aire desde una posición fija en el suelo. Se requiere iluminación horizontal general donde se lanza el objeto de juego (inicio) y se requiere iluminación vertical donde el objeto de juego aterriza o es interceptado (final). Esto normalmente se logra apuntando algunas luminarias hacia abajo al inicio y apuntando otras luminarias en ángulos altos hacia el final. Todas las luminarias deben estar protegidas del campo de visión de los jugadores. Los deportes unidireccionales típicos incluyen golf en un campo de prácticas, tiro al plato y tiro al doble plato.

35.1.2 DEPORTES A NIVEL DEL SUELO

Estos deportes se juegan en el suelo o a poca distancia sobre el suelo. En el curso normal del juego, los jugadores y espectadores no miran hacia arriba. Las subcategorías principales son multidireccionales y unidireccionales.

Tabla 35.2 | Clases de Juego e Instalaciones

Instalaciones	Clase de Juego			
	I	II	III	IV
Profesionales	x			
Universidades	x	x		
Semiprofesionales	x	x		
Clubes deportivos	x	x	x	
Ligas amateurs		x	x	x
Escuelas secundarias		x	x	x
Instalaciones de entrenamiento			x	x
Escuelas primarias				x
Eventos recreativos				x
Eventos sociales				x
Capacidad de espectadores	Sobre 5000	Bajo 5000	algo	ningún

35.1.2.1 DEPORTES MULTIDIRECCIONALES

Estos se desarrollan a nivel del suelo en los que los jugadores y espectadores ven los objetos en juego desde múltiples posiciones, normalmente mirando hacia abajo, horizontalmente y ocasionalmente hacia arriba. Estos deportes requieren una iluminancia horizontal bien distribuida, aunque se debe considerar la iluminancia vertical. Los deportes multidireccionales a nivel del suelo típicos incluyen boxeo, curlin (semejante a los bolos), hockey sobre césped, hockey sobre hielo, patinaje, natación (excluyendo saltos desde trampolín alto) y lucha libre.

35.1.2.2 DEPORTES UNIDIRECCIONALES

Estos se desarrollan a nivel del suelo en los que el objeto en juego se apunta a un objetivo fijo cerca del nivel del suelo (generalmente el objetivo está en posición vertical). La iluminancia vertical es crítica en el objetivo. Normalmente se proporciona apuntando luminarias (protegidas del campo de visión de los jugadores y espectadores) hacia el objetivo. Los deportes unidireccionales a nivel del suelo típicos incluyen tiro con arco, bolos, esquí y tiro al blanco.

35.1.3 TRANSMISIÓN TELEVISIVA

En instalaciones más grandes, los eventos deportivos se transmiten o graban para televisión. Las iluminancias más altas permiten el uso de obturadores de alta velocidad y pequeñas aperturas que aumentan la nitidez de la imagen y la profundidad de campo. Más luz también favorece la acción detenida, la cámara lenta y los efectos especiales creados con lentes telefoto/acercamiento (zoom). Incluso tomas panorámicas simples del campo de juego y las gradas de los espectadores mostrarán una calidad mejorada con luminancias más altas.: A medida que la televisión de alta definición (HDTV) reemplaza a la televisión en color estándar, se recomienda que los sistemas de iluminación aborden el efecto estroboscópico de las lámparas asociado con los balastos de baja frecuencia en los sistemas HID. Esto se puede minimizar asegurando que la iluminación sea proporcionada por múltiplos de tres luminarias, con haces superpuestos que estén equilibrados en tres fases eléctricas. Se debe tener en cuenta que los valores recomendados en la Tabla 35.3 no necesariamente proporcionan suficiente iluminancia para el equipo de transmisión. Muchas compañías de transmisión de TV y ligas deportivas tienen especificaciones de iluminación recomendadas disponibles y se debe consultar para determinar los niveles de iluminación apropiados. Varios aspectos del equipo utilizado para la transmisión televisiva pueden ayudar a definir el tipo de proyecto y sistema de iluminación requerido, ya que tienen un efecto en los requisitos de iluminancia.

35.1.3.1 POSICIÓN Y DISTANCIA DE LA CÁMARA EN RELACIÓN CON EL CAMPO DE JUEGO

Los lentes telefoto generalmente tienen una apertura óptica más pequeña y, por lo tanto, requieren mayor iluminancia.

35.1.3.2 VELOCIDAD APARENTE Y TAMAÑO DEL OBJETO EN JUEGO

La velocidad del objeto en juego parece más rápida para el movimiento transversal en lugar de a lo largo de la dirección de visión. Los objetos más pequeños, como pelotas de béisbol o de tenis, requieren mayor iluminancia que los objetos más grandes, como pelotas de baloncesto o de fútbol.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
DEPORTES DE INTERIOR											
EXPOSICIONES CON ANIMALES	E_h @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según clase de competición.										
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• IV			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
TIRO CON ARCO	E_h @3' por encima de la superficie de competición; Ev @orientación del plano vertical. Categorizado según clase de competición.										
• III											
• Línea de tiro			300	300	300	Prom.					
• Distancia al objetivo @60'								500	500	500	Prom.
• Distancia al objetivo @300'								750	750	750	Prom.
• IV											
• Línea de tiro			200	200	200	Prom.					
• Distancia al objetivo @60'								300	300	300	Prom.
• Distancia al objetivo @300'								500	500	500	Prom.
FÚTBOL DE ARENA	Ver Interior/Fútbol										
BALONCESTO	E_h @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según clase de competición.										
• I			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• II			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• IV			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
Billar	@superficie de competición. Categorizada según clase de competición.										
• I y d II											
• Ambiente			0.1 E_h del espacio adyacente, pero ≥ 50					30	30	30	Prom.
• Mesa y rieles			500	500	500	Min		150	150	150	Prom.
• III											
• Ambiente			0.1 E_h del espacio adyacente, pero ≥ 50					30	30	30	Prom.
• Mesa y rieles			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• IV											
• Ambiente			0.1 E_h del espacio adyacente, pero ≥ 50					15	15	15	Prom.
• Mesa y rieles		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Recreación exclusivamente social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.25	3:1				
0.10	1.5:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	**Porcentaje del promedio que define el mínimo**
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e										Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación $E_h/2$ ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene										
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
DEPORTES DE INTERIOR																	
EXPOSICIONES CON ANIMALES	E_h @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según clase de competición.																
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■			■
• IV			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.3	4:1	■			■
TIRO CON ARCO	E_h @3' por encima de la superficie de competición; Ev @orientación del plano vertical. Categorizado según clase de competición.																
• III																	■
• Línea de tiro			300	300	300	Prom.						0.21	2.5:1	■			■
• Distancia al objetivo @60'								500	500	500	Prom.	0.21	2.5:1	■		■	
• Distancia al objetivo @300'								750	750	750	Prom.	0.21	2.5:1	■		■	
• IV																	■
• Línea de tiro			200	200	200	Prom.						0.25	3:1	■			■
• Distancia al objetivo @60'								300	300	300	Prom.	0.25	3:1	■		■	
• Distancia al objetivo @300'								500	500	500	Prom.	0.25	3:1	■		■	
FÚTBOL DE ARENA	Ver Interior/Fútbol																
BALONCESTO	E_h @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según clase de competición.																
• I			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.13	1.7:1	■			■
• II			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.21	2.5:1	■			■
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■			■
• IV			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.3	4:1	■			■
Billar	@superficie de competición. Categorizada según clase de competición.																
• I y d II																	
• Ambiente		0.1 E_h del espacio adyacente, pero ≥ 50						30	30	30	Prom.	0.25	3:1				■
• Mesa y rieles			500	500	500	Min		150	150	150	Prom.	0.10	1.5:1			■	
• III																	
• Ambiente		0.1 E_h del espacio adyacente, pero ≥ 50						30	30	30	Prom.	0.25	3:1				■
• Mesa y rieles			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1			■	
• IV																	
• Ambiente		0.1 E_h del espacio adyacente, pero ≥ 50						15	15	15	Prom.	0.25	3:1				■
• Mesa y rieles		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	0.21	2.5:1			■	
• Recreación exclusivamente social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	0.25	3:1	■		■	

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e									
		Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
BOLOS	Categorizados según clase de competencia.										
• I											
• Aproximación	@superficie de competición		750	750	750	Prom.					
• Carril	@superficie de competición		1000	1000	1000	Prom.					
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)							1000	1000	1000	Prom.
• II											
• Aproximación	@superficie de competición		500	500	500	Prom.					
• Carril	@superficie de competición		750	750	750	Prom.					
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)							750	750	7500	Prom.
• III											
• Aproximación	@superficie de competición		300	300	300	Prom.					
• Carril	@superficie de competición		500	500	500	Prom.					
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)							500	500	500	Prom.
• IV											
• Aproximación	@superficie de competición	M	50	100	200	Prom.					
• Carril	@superficie de competición	N	75	150	300	Prom.					
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)						P	150	300	600	Prom.
BOXEO Y LUCHA	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• II			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• III			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
• IV			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
ANIMADORAS	Ver Gimnasia										
CURLIN	@superficie de competición. Categorizada según clase de competición.										
• I											
• Hack a Hog			1500	1500	1500	Prom.		400	400	400	Prom.
• Hog a Hog			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• II											
• Hack a Hog			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• Hog a Hog			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
• III											
• Hack a Hog			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• Hog a Hog			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV											
• Hack a Hog			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
• Hog a Hog			100	100	100	Prom.		30	30	30	Prom.
Dardos	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• III			300	300	300	Prom.		500	500	500	Prom.
• IV			200	200	400	Prom.		300	300	600	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Términos de la lucha Curlin (Curling)
HACKS El pie se sostiene en cada extremo del hielo desde donde se lanza la piedra.
HOG LINE Una línea de 10 metros desde el hack en cada extremo del hielo.

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)				Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min	[g]	[h]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.13	1.7:1				
0.13	1.7:1				
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.13	1.7:1				
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.17	2:1				
0.25	3:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	**Porcentaje del promedio que define el mínimo**
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	[g] [h]	Área Típica de Cobertura [i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
BOLOS	Categorizados según clase de competencia.															
• I																
• Aproximación	@superficie de competición		750	750	750	Prom.						0.13	1.7:1			■
• Carril	@superficie de competición		1000	1000	1000	Prom.						0.13	1.7:1			■
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)							1000	1000	1000	Prom.	0.13	1.7:1		■	
• II																
• Aproximación	@superficie de competición		500	500	500	Prom.						0.21	2.5:1			■
• Carril	@superficie de competición		750	750	750	Prom.						0.21	2.5:1			■
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)							750	750	7500	Prom.	0.21	2.5:1		■	
• III																
• Aproximación	@superficie de competición		300	300	300	Prom.						0.25	3:1			■
• Carril	@superficie de competición		500	500	500	Prom.						0.25	3:1			■
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)							500	500	500	Prom.	0.25	3:1		■	
• IV																
• Aproximación	@superficie de competición	M	50	100	200	Prom.						0.3	4:1			■
• Carril	@superficie de competición	N	75	150	300	Prom.						0.3	4:1			■
• Objetivo	En la cara del cabezal del pino (palitroque)						P	150	300	600	Prom.	0.3	4:1		■	
BOXEO Y LUCHA	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.															
• II			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1	■		■
• III			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.25	3:1	■		■
• IV			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.3	4:1	■		■
ANIMADORAS	Ver Gimnasia															
CURLIN	@superficie de competición. Categorizada según clase de competición.															
• I																
• Hack a Hog			1500	1500	1500	Prom.		400	400	400	Prom.	0.13	1.7:1	■		■
• Hog a Hog			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.13	1.7:1	■		■
• II																
• Hack a Hog			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1	■		■
• Hog a Hog			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.21	2.5:1	■		■
• III																
• Hack a Hog			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■		■
• Hog a Hog			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1	■		■
• IV																
• Hack a Hog			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1	■		■
• Hog a Hog			100	100	100	Prom.		30	30	30	Prom.	0.3	4:1	■		■
Dardos	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.															
• III			300	300	300	Prom.		500	500	500	Prom.	0.17	2:1	■		■
• IV			200	200	400	Prom.		300	300	600	Prom.	0.25	3:1	■		■

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Términos de la lucha Curlin (Curling)
HACKS El pie se sostiene en cada extremo del hielo desde donde se lanza la piedra.
HOG LINE Una línea de 10 metros desde el hack en cada extremo del hielo.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e							
		Objetivos (E_h) Horizontal				Objetivos (E_v) Vertical			
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		<25	25-65	>65		<25	25-65	>65	
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
ESGRIMA	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
PATINAJE ARTÍSTICO	Ver Deportes/Interior/Patinaje/Artístico								
CAMPO DE TIRO									
GOLF, CAMPO DE PRÁCTICAS CUBIERTO	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.								
• IV									
• Cajas del Tee		300	300	300	Prom.				
Cara del marcador de distancia de 600'	Ev @cara del marcador					200	200	200	Prom.
GIMNASIA	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
CAMPO DE TIRO	Categorizada según clase de competición.								
• III									
• Línea de tiro	**Eh @3' por encima de la superficie de competición**	300	300	300	Prom.				
• Objetivo	En el área del objetivo					1000	1000	1000	Prom.
• IV									
• Línea de tiro	**Eh @3' por encima de la superficie de competición**	200	200	200	Prom.				
• Objetivo	En el área del objetivo					500	500	500	Prom.
BALONMANO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
HOCKEY SOBRE HIELO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• I		1500	1500	1500	Prom.	400	400	400	Prom.
• II		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.
• III		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• IV		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades		g	h	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	g	h	Área Típica de Cobertura [i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESGRIMA	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.														
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■			■
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.3	4:1	■			■
PATINAJE ARTÍSTICO	Ver Deportes/Interior/Patinaje/Artístico														
CAMPO DE TIRO															
GOLF, CAMPO DE PRÁCTICAS CUBIERTO	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.														
• IV															
• Cajas del Tee		300	300	300	Prom.					0.25	3:1	■		■	
Cara del marcador de distancia de 600'	Ev @cara del marcador					200	200	200	Prom.	0.25	3:1	■			■
GIMNASIA	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.														
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.21	2.5:1	■			■
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■			■
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.3	4:1	■			■
CAMPO DE TIRO	Categorizada según clase de competición.														
• III															
• Línea de tiro	**Eh @3' por encima de la superficie de competición**	300	300	300	Prom.					0.21	2.5:1				■
• Objetivo	En el área del objetivo					1000	1000	1000	Prom.	0.21	2.5:1				
• IV															
• Línea de tiro	**Eh @3' por encima de la superficie de competición**	200	200	200	Prom.					0.25	3:1				■
• Objetivo	En el área del objetivo					500	500	500	Prom.	0.25	3:1				
BALONMANO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.														
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.21	2.5:1	■			■
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■			■
HOCKEY SOBRE HIELO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.														
• I		1500	1500	1500	Prom.	400	400	400	Prom.	0.13	1.7:1	■			■
• II		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1	■			■
• III		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.25	3:1	■			■
• IV		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.3	4:1	■			■

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
PATINAJE SOBRE HIELO	Ver Deportes/Interior/Patinaje/Artístico										
JAI ALAI	Eh @superficie de competición; Ev @orientación del plano vertical. Categorizado según clase de competición.										
• I											
• Floor			750	750	750	Prom.					
• Frontis								1000	1000	1000	Prom.
JUDO	Ver Lucha										
KARATE	Ver Lucha										
Tenis de Mesa	Ver Deportes/Interior/Tenis de Mesa										
CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE PISTOLA	Ver Deportes/Interior/Campo de Tiro										
BILLAR	Ver Deportes/interior/Billar										
Raqueta-Pelota	Ver Deportes/interior/Balonmano										
CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE RIFLE	Ver Deportes/interior/Campo de Tiro										
RODEO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
PISTA PARA CORRER	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• II			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• IV		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
JUEGO DE TEJO	Eh @superficie de competición; Ev, @orientación del plano vertical. Categorizado según clase de competición.										
• III			300	300	300	Prom.		75	75	75	Prom.
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
Exclusivamente recreación social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.17	1.7:1				
0.17	2:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) CV$_{max}$	Max:Min	g / h	Área Típica de Cobertura[i] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PATINAJE SOBRE HIELO	Ver Deportes/Interior/Patinaje/Artístico															
JAI ALAI	Eh @superficie de competición; Ev @orientación del plano vertical. Categorizado según clase de competición.															
• I																
• Floor			750	750	750	Prom.						0.21	2.5:1			
• Frontis								1000	1000	1000	Prom.	0.21	2.5:1			
JUDO	Ver Lucha															
KARATE	Ver Lucha															
Tenis de Mesa	Ver Deportes/Interior/Tenis de Mesa															
CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE PISTOLA	Ver Deportes/Interior/Campo de Tiro															
BILLAR	Ver Deportes/interior/Billar															
Raqueta-Pelota	Ver Deportes/interior/Balonmano															
CAMPO DE ENTRENAMIENTO DE RIFLE	Ver Deportes/interior/Campo de Tiro															
RODEO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.															
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1			
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1			
PISTA PARA CORRER	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.															
• II			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.17	1.7:1			
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.17	2:1			
• IV		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	0.25	3:1			
JUEGO DE TEJO	Eh @superficie de competición; Ev, @orientación del plano vertical. Categorizado según clase de competición.															
• III			300	300	300	Prom.		75	75	75	Prom.	0.21	2.5:1			
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1			
Exclusivamente recreación social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	0.3	4:1			

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) [b c d e] — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Categoría	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
PATINAJE	Categorizado según clase de competencia.										
• Hielo											
• Patinaje artístico	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
· I			1500	1500	1500	Prom.		500	500	500	Prom.
· II			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
· III			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
· IV			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
Recreación exclusivamente social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Patinaje de velocidad	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
· II			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
· III			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
• Patines (quad o en línea)	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• I			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
• Recreación exclusivamente social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
FÚTBOL	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• I			1500	1500	1500	Prom.		500	500	500	Prom.
• II			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• III			750	750	750	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV			500	500	500	Prom.		50	50	50	Prom.
PATINAJE DE VELOCIDAD	Ver Deportes/Interior/Patinaje/Hielo/Velocidad										
SQUASH	Ver Deportes/Interior/Balonmano										

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.35	5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.35	5:1				
0.17	2:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser

diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
PATINAJE	Categorizado según clase de competencia.																
• **Hielo**																	
• **Patinaje artístico**	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• I			1500	1500	1500	Prom.		500	500	500	Prom.	0.13	1.7:1				
• II			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1				
• III			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.25	3:1				
• IV			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.3	4:1				
Recreación exclusivamente social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.	0.35	5:1				
• **Patinaje de velocidad**	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• II			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1				
• III			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1				
• **Patines (quad o en línea)**	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• I			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1				
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1				
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1				
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1				
• Recreación exclusivamente social	Eh @superficie de participación; Ev @5' por encima de la superficie de competencia	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	0.35	5:1				
FÚTBOL	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• I			1500	1500	1500	Prom.		500	500	500	Prom.	0.17	2:1				
• II			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1				
• III			750	750	750	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1				
• IV			500	500	500	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1				
PATINAJE DE VELOCIDAD	Ver Deportes/Interior/Patinaje/Hielo/Velocidad																
SQUASH	Ver Deportes/Interior/Balonmano																

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e							
		Objetivos (E_h) Horizontal. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Objetivos (E_v) Vertical. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		<25	25-65	>65		<25	25-65	>65	
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
NATACIÓN Y DEPORTES ACUÁTICOS	Categorizado según clase de competencia.								
• I									
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	376	376	376	Prom.				
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	750	750	750	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	500	500	500	Prom.				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	1000	1000	1000	Prom.				
• II									
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	269	269	269	Prom.				
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	200	200	200	Prom.				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	750	750	750	Prom.				
• III									
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	161	161	161	Prom.				
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.				
• IV									
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	161	161	161	Prom.				
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.				
TENIS DE MESA	Eh @ 3' por encima de la superficie del suelo sobre la que se apoya la mesa. Categorizado según la clase de competición.								
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
Recreativo exclusivamente social		100	100	200	Prom.	30	30	60	Prom.
TENIS	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• I		1500	1500	1500	Prom.	400	400	400	Prom.
• II		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.
• III		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• IV		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.3	4:1				
0.13	1.7:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.13	1.7:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.35	5:1				
0.10	1.5:1				
0.10	1.5:1				
0.13	1.7:1				
0.17	2:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) CV_{max}	Max:Min	g	h	Área Típica de Cobertura[i] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
NATACIÓN Y DEPORTES ACUÁTICOS	Categorizado según clase de competencia.														
• I															
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	376	376	376	Prom.							■			■
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	750	750	750	Prom.					0.13	1.7:1	■	■		■
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	500	500	500	Prom.					0.21	2.5:1	■			■
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	1000	1000	1000	Prom.					0.25	3:1	■	■	■	
• II															
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	269	269	269	Prom.							■			■
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.					0.21	2.5:1	■	■		■
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	200	200	200	Prom.					0.3	4:1	■			■
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	750	750	750	Prom.					0.13	1.7:1	■	■	■	
• III															
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	161	161	161	Prom.							■			■
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.					0.25	3:1	■	■		■
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.					0.3	4:1	■			■
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.					0.13	1.7:1	■	■	■	
• IV															
Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	161	161	161	Prom.							■			■
Iluminancia de lasuperficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.					0.3	4:1	■	■		■
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.					0.3	4:1	■			■
TENIS DE MESA	Eh @ 3' por encima de la superficie del suelo sobre la que se apoya la mesa. Categorizado según la clase de competición.														
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.21	2.5:1	■			■
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1	■			■
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.3	4:1	■			■
Recreativo exclusivamente social		100	100	200	Prom.	30	30	60	Prom.	0.35	5:1	■			■
TENIS	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.														
• I		1500	1500	1500	Prom.	400	400	400	Prom.	0.10	1.5:1	■			■
• II		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.	0.10	1.5:1	■			■
• III		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.13	1.7:1	■			■
• IV		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.17	2:1	■			■

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
VOLEIBOL	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• II			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• IV			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
DEPORTES AL AIRE LIBRE											
EXPOSICIONES CON ANIMALES	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
TIRO CON ARCO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• III											
• Línea de tiro			100	100	100	Prom.					
• Distancia del objetivo a 60'								300	300	300	Prom.
• Distancia del objetivo a 300'								500	500	500	Prom.
• IV											
• Línea de tiro			100	100	100	Prom.					
• Distancia del objetivo a 60'								200	200	200	Prom.
• Distancia del objetivo a 300'								300	300	300	Prom.
BÁDMINTON	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación										
Recreación exclusivamente social		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
BÉISBOL	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.										
• I											
• Infield (En Campo)			1500	1500	1500	Prom.		400	400	400	Prom.
• Outfield (Fuera del Campo)			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• II											
• Infield (En Campo)			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.
• Outfield (Fuera del Campo)			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.
• III											
• Infield (En Campo)			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• Outfield (Fuera del Campo)			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV											
• Infield (En Campo)			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• Outfield (Fuera del Campo)			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.07	1.3:1				
0.13	1.7:1				
0.10	1.5:1				
0.17	2:1				
0.17	2:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser

diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
VOLEIBOL	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• II			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.21	2.5:1				
• III			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.25	3:1				
• IV			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.3	4:1				
DEPORTES AL AIRE LIBRE																	
EXPOSICIONES CON ANIMALES	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1				
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1				
TIRO CON ARCO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• III																	
• Línea de tiro			100	100	100	Prom.						0.21	2.5:1				
• Distancia del objetivo a 60'								300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1				
• Distancia del objetivo a 300'								500	500	500	Prom.	0.21	2.5:1				
• IV																	
• Línea de tiro			100	100	100	Prom.						0.25	3:1				
• Distancia del objetivo a 60'								200	200	200	Prom.	0.25	3:1				
• Distancia del objetivo a 300'								300	300	300	Prom.	0.25	3:1				
BÁDMINTON	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación																
Recreación exclusivamente social		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	0.25	3:1				
BÉISBOL	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.																
• I																	
• Infield (En Campo)			1500	1500	1500	Prom.		400	400	400	Prom.	0.07	1.3:1				
• Outfield (Fuera del Campo)			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.13	1.7:1				
• II																	
• Infield (En Campo)			1000	1000	1000	Prom.		300	300	300	Prom.	0.10	1.5:1				
• Outfield (Fuera del Campo)			750	750	750	Prom.		200	200	200	Prom.	0.17	2:1				
• III																	
• Infield (En Campo)			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.17	2:1				
• Outfield (Fuera del Campo)			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.21	2.5:1				
• IV																	
• Infield (En Campo)			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.21	2.5:1				
• Outfield (Fuera del Campo)			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.25	3:1				

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65		Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
BALONCESTO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
BATMINTON									
• IV		100	100	100	Prom.	50	50	100	Prom.
CARRERAS DE BICICLETAS	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.								
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• III									
• Pista		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV									
• Pista		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
BMX	Categorizado según la clase de competición.								
• III		300	300	300	Prom.	75	75	75	Prom.
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
CANCHAS DE BOCHAS	Ver Deportes/Aire libre/Canchas de Bolos								
BOLERÍA	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación								
• Recreación exclusivamente social		50	50	100	Prom.	15	15	30	Prom.
BRÚMBOL	Ver Deportes/Aire Libre/Hockey Sobre Hielo								
CARRERAS DE CARROS	Ver Carreras de Caballos								
CRICKET	Categorizado según la clase de competición.								
• I									
• Infield (En el campo)		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.
• Outfield (Fuera del campo)		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• II									
• Infield (En el campo)		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• Outfield (Fuera del campo)		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.25	3:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.17	2:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.1	1.5:1				
0.17	1.7:1				
0.1	1.5:1				
0.17	2:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) CV_{max}	Max:Min	[g] [h] Área Típica de Cobertura[i] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría				Categoría							
BALONCESTO	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.												
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1		■
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		■
BATMINTON													
• IV		100	100	100	Prom.	50	50	100	Prom.	0.25	3:1		■
CARRERAS DE BICICLETAS	Eh @3' por encima de la superficie de competición. Categorizado según la clase de competición.												
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		■
• III													
• Pista		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		■
• IV													
• Pista		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		■
BMX	Categorizado según la clase de competición.												
• III		300	300	300	Prom.	75	75	75	Prom.	0.17	2:1		■
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.25	3:1		■
CANCHAS DE BOCHAS	Ver Deportes/Aire libre/Canchas de Bolos												
BOLERÍA	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación												
• Recreación exclusivamente social		50	50	100	Prom.	15	15	30	Prom.	0.25	3:1		■
BRÚMBOL	Ver Deportes/Aire Libre/Hockey Sobre Hielo												
CARRERAS DE CARROS	Ver Carreras de Caballos												
CRICKET	Categorizado según la clase de competición.												
• I													
• Infield (En el campo)		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.	0.1	1.5:1		■
• Outfield (Fuera del campo)		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.17	1.7:1		■
• II													
• Infield (En el campo)		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.1	1.5:1		■
• Outfield (Fuera del campo)		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.17	2:1		■

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e							
		Objetivos (E_h) Horizontal				Objetivos (E_v) Vertical			
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	<25	25-65	>65		<25	25-65	>65	
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
CRICKET	(continuación)								
• III									
• Infield (dentro del campo)		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• Outfield (fuera del campo)		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV									
• Infield (dentro del campo)		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• Outfield (fuera del campo)		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
CROQUET									
• IV		100	100	200	Prom.	30	30	60	Prom.
CARRERAS DE PERROS	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.								
• I		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
CARRERAS DE ARRASTRE	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.								
• I									
• Área 1		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• Área 2		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• Área 3A		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• Área 3B		300	300	300	Prom.	50	50	50	Prom.
• Área 4		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
• II									
• Área 1		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
• Área 2		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• Área 3A		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
• Área 3B		150	150	150	Prom.	50	50	50	Prom.
• Área 4		100	100	100	Prom.	30	30	30	Prom.
• III									
• Área 1		100	100	100	Prom.	30	30	30	Prom.
• Área 2		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
• Área 3A		150	150	150	Prom.	50	50	50	Prom.
• Área 3B		100	100	100	Prom.	30	30	30	Prom.
• Área 4		50	50	50	Prom.	15	15	15	Prom.
HOCKEY SOBRE CÉSPED	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
FÚTBOL	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• I		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV$_{max}$	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.13	1.7:1				
0.17	2:1				
0.17	2:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) CV_{max}	Max:Min	[g] [h] Área Típica de Cobertura [i] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CRICKET	(continuación)												
• III													
• Infield (dentro del campo)		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.13	1.7:1		
• Outfield (fuera del campo)		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.17	2:1		
• IV													
• Infield (dentro del campo)		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.17	2:1		
• Outfield (fuera del campo)		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.25	3:1		
CROQUET													
• IV		100	100	200	Prom.	30	30	60	Prom.	0.25	3:1		
CARRERAS DE PERROS	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.												
• I		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1		
CARRERAS DE ARRASTRE	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.												
• I													
• Área 1		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• Área 2		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1		
• Área 3A		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• Área 3B		300	300	300	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Área 4		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• II													
• Área 1		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.25	3:1		
• Área 2		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• Área 3A		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Área 3B		150	150	150	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Área 4		100	100	100	Prom.	30	30	30	Prom.	0.3	4:1		
• III													
• Área 1		100	100	100	Prom.	30	30	30	Prom.	0.3	4:1		
• Área 2		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Área 3A		150	150	150	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Área 3B		100	100	100	Prom.	30	30	30	Prom.	0.3	4:1		
• Área 4		50	50	50	Prom.	15	15	15	Prom.	0.3	4:1		
HOCKEY SOBRE CÉSPED	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.												
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
FÚTBOL	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.												
• I		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.	0.13	1.7:1		
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e									
		Objetivos (E_h) Horizontal. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical. Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
CAMPO DE TIRO	Ver Deportes/Aire Libre/Campo de Tiro										
GOLF	Eh @ superficie de competición										
•Campo											
• IV											
• Tee Boxes (término del Golf)			50	50	50	Prom.					
• Fairways (término del Golf)			30	30	30	Prom.		10	10	10	Prom.
• Greens (término del Golf)			50	50	50	Prom.		15	15	15	Prom.
•Campo de prácticas											
• IV											
• Tee Boxes (término del Golf)			200	200	200	Prom.					
• A 600' de distancia	En la cara vertical del marcador							100	100	100	Prom.
•Miniatura	Eh @3' por encima de la superficie de participación		100	100	200	Prom.					
CAMPO DE TIRO	Categorizado según la clase de competencia.										
• IV											
• Línea de tiro	Eh @3' por encima de la superficie de competencia		100	100	100	Prom.					
• Objetivo	En el área objetivo						R	500	500	500	Prom.
HACKEY SACK	Categorizado según la clase de competencia.										
• IV			100	100	100	Prom.		30	30	30	Prom.
BALONMANO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.										
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV			200	200	400	Prom.		50	50	100	Prom.
CARRERAS DE CABALLOS	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.										
• I											
• Track			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
HERRADURAS - ÁREA GENERAL	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación										
• Exclusivamente para recreación social		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
HOCKEY SOBRE HIELO	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.										
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		g	h	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.25	3:1				
0.35	6:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.17	2:1				
0.17	2:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) — CV_{max}	Max:Min	Área Típica de Cobertura[i] (g, h) — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
CAMPO DE TIRO	Ver Deportes/Aire Libre/Campo de Tiro														
GOLF	Eh @ superficie de competición														
•Campo															■
• IV															■
· Tee Boxes (término del Golf)			50	50	50	Prom.						0.25	3:1	■	
· Fairways (término del Golf)			30	30	30	Prom.		10	10	10	Prom.	0.35	6:1		■
· Greens (término del Golf)			50	50	50	Prom.		15	15	15	Prom.	0.25	3:1		■
•Campo de prácticas															
• IV															
· Tee Boxes (término del Golf)			200	200	200	Prom.						0.25	3:1	■	
· A 600' de distancia	En la cara vertical del marcador							100	100	100	Prom.	0.25	3:1		■
•Miniatura	Eh @3' por encima de la superficie de participación		100	100	200	Prom.						0.25	3:1		■
CAMPO DE TIRO	Categorizado según la clase de competencia.														
•IV															
• Línea de tiro	Eh @3' por encima de la superficie de competencia		100	100	100	Prom.						0.17	2:1		■
• Objetivo	En el área objetivo						R	500	500	500	Prom.	0.17	2:1		
HACKEY SACK	Categorizado según la clase de competencia.														
•IV			100	100	100	Prom.		30	30	30	Prom.	0.25	3:1	■	
BALONMANO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
•III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1		■
•IV			200	200	400	Prom.		50	50	100	Prom.	0.3	4:1		■
CARRERAS DE CABALLOS	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
•I															
• Track			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.25	3:1		■
HERRADURAS - ÁREA GENERAL	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación														
• Exclusivamente para recreación social		K	25	50	100	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	0.3	4:1		■
HOCKEY SOBRE HIELO	Eh @superficie de competición. Categorizado según clase de competición.														
•II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		■
•III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1		■
•IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1		■

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación **(continuación en la página siguiente)**

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
LACROSÉ (LACROSSE)	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.										
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
GOLF MINIATURA	Ver Deportes/Aire libre/Golf/Miniatura										
CARRERAS DE AUTOMOVILISMO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.										
• I											
• Pista			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• II											
• Pista			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.
• III											
• Pista			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
PESCA NOCTURNA	Eh en el muelle										
Recreación exclusivamente social		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
POLÍGONO DE PISTOLA	Ver Deportes/Aire Libre/Campo de Tiro										
TENIS DE PLATAFORMA	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.										
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.
• III			300	300	300	Prom.		75	75	75	Prom.
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.
QUOITS (TIRO AL EMBOQUE) ZONA GENERAL	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación										
Recreación exclusivamente social			50	50	100	Prom.		15	15	30	Prom.
RACQUETBOL	Ver Deportes/Aire Libre/Balonmano										
POLÍGONO DE RIFLE	Ver Deportes/Aire Libre/Campo de Tiro										

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura — 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.17	2:1				
0.17	2:1				
0.17	2:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	**Porcentaje del promedio que define el mínimo**
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)		Área Típica de Cobertura[i] [g] [h]	
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	CV_{max}	Max:Min	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
LACROSÉ (LACROSSE)	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		
• III			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
GOLF MINIATURA	Ver Deportes/Aire libre/Golf/Miniatura														
CARRERAS DE AUTOMOVILISMO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
• I															
• Pista			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		
• II															
• Pista			300	300	300	Prom.		100	100	100	Prom.	0.21	2.5:1		
• III															
• Pista			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.25	3:1		
PESCA NOCTURNA	Eh en el muelle														
Recreación exclusivamente social		M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	0.3	4:1		
POLÍGONO DE PISTOLA	Ver Deportes/Aire Libre/Campo de Tiro														
TENIS DE PLATAFORMA	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
• II			500	500	500	Prom.		150	150	150	Prom.	0.17	2:1		
• III			300	300	300	Prom.		75	75	75	Prom.	0.17	2:1		
• IV			200	200	200	Prom.		50	50	50	Prom.	0.17	2:1		
QUOITS (TIRO AL EMBOQUE) ZONA GENERAL	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación														
Recreación exclusivamente social			50	50	100	Prom.		15	15	30	Prom.	0.3	4:1		
RACQUETBOL	Ver Deportes/Aire Libre/Balonmano														
POLÍGONO DE RIFLE	Ver Deportes/Aire Libre/Campo de Tiro														

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
		<25	25-65	>65		<25	25-65	>65	
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador
RODEO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
HOCKEY SOBRE PATINES	Ver Deportes/Aire Libre/Hockey Sobre Hielo								
JUEGO DE TEJO	Eh @ superficie de participación; Ev @ orientación del plano vertical								
Recreación exclusivamente social		50	50	100	Prom.	15	15	30	Prom.
PATINETA	Categorizado según clase de competencia.								
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV		100	200	200	Prom.	25	50	50	Prom.
PATINAJE									
• Hielo									
Patinaje sobre hielo al aire libre	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación								
Recreación exclusivamente social		30	30	30	Prom.	8	8	8	Prom.
• Velocidad	Eh @ superficie de competición. Categorizado según clase de competición.								
· III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
· IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
TIRO AL DISCO Y TIRO AL DISCO DOBLE	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• III									
• Línea de tiro		100	100	100	Prom.				
• Distancia del objetivo a 60'	En el área objetivo					300	300	300	Prom.
• Distancia del objetivo a 100'	En el área objetivo					400	400	400	Prom.
• IV									
• Shooting Line		100	100	100	Prom.				
• Distancia del objetivo a 60'	En el área objetivo					200	200	200	Prom.
• Distancia del objetivo a 100'	En el área objetivo					200	200	200	Prom.
ESQUÍ	Ev @ 3' por encima de la superficie de competencia								
• IV						50	50	50	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades CV_{max}	Max:Min	[g] [h] Área Típica de Cobertura[i] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.21	2.5:1		
0.25	3:1		
0.3	4:1		
0.25	3:1		
0.17	2:1		
0.25	3:1		
0.35	5:1		
0.25	3:1		
0.3	4:1		
0.21	2.5:1		
0.21	2.5:1		
0.21	2.5:1		
0.25	3:1		
0.25	3:1		
0.25	3:1		

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a]relación E_h/2 [a]relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	[g] [h] Área Típica de Cobertura[i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador				
RODEO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.												
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1		■
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		■
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		■
HOCKEY SOBRE PATINES	Ver Deportes/Aire Libre/Hockey Sobre Hielo												
JUEGO DE TEJO	Eh @ superficie de participación; Ev @ orientación del plano vertical												
Recreación exclusivamente social		50	50	100	Prom.	15	15	30	Prom.	0.25	3:1		■
PATINETA	Categorizado según clase de competencia.												
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.17	2:1		■
• IV		100	200	200	Prom.	25	50	50	Prom.	0.25	3:1		■
PATINAJE													
• Hielo													
Patinaje sobre hielo al aire libre	Eh @ 3' por encima de la superficie de participación												
Recreación exclusivamente social		30	30	30	Prom.	8	8	8	Prom.	0.35	5:1		■
• Velocidad	Eh @ superficie de competición. Categorizado según clase de competición.												
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		■
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		■
TIRO AL DISCO Y TIRO AL DISCO DOBLE	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.												
• III													
• Línea de tiro		100	100	100	Prom.					0.21	2.5:1		■
• Distancia del objetivo a 60'	En el área objetivo					300	300	300	Prom.	0.21	2.5:1	■	
• Distancia del objetivo a 100'	En el área objetivo					400	400	400	Prom.	0.21	2.5:1	■	
• IV													
• Shooting Line		100	100	100	Prom.					0.25	3:1		■
• Distancia del objetivo a 60'	En el área objetivo					200	200	200	Prom.	0.25	3:1	■	
• Distancia del objetivo a 100'	En el área objetivo					200	200	200	Prom.	0.25	3:1	■	
ESQUÍ	Ev @ 3' por encima de la superficie de competencia												
• IV						50	50	50	Prom.				■

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e Objetivos (E_h) Horizontal Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador
		Categoría				Categoría			
BALÓN PIE E.E.U.U.	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• I		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.
SOFTBOL	Ver Deportes/Al aire libre/Béisbol								
SQUASH	Ver Deportes/Al aire libre/Balonmano								
NATACIÓN Y DEPORTES ACUÁTICOS	Categorizado según la clase de competición.								
• II									
• Luminancia de la superficie del agua	cd/m^2 @superficie del agua	161	161	161	Prom.				
• Iluminancia de la superficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	200	200	200	Prom.				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.				
• III									
• Luminancia de la superficie del agua	cd/m^2 @superficie del agua	108	108	108	Prom.				
• Iluminancia de la superficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.				
• IV									
• Luminancia de la superficie del agua	cd/m^2 @superficie del agua	54	54	54	Prom.				
• Iluminancia de la superficie del agua	E_h @superficie del agua	100	100	100	Prom.				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	200	200	200	Prom.				
TENIS	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• I		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
ATLETISMO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.								
• II									
• Campo		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.
• Pista		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• III									
• Campo		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.
• Pista		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[f] Sobre el Área de Cobertura — 1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades		[g]	[h]	Área Típica de Cobertura[i]	
CV_{max}	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
0.13	1.7:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.3	4:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				
0.3	4.:1				
0.10	1.5:1				
0.13	1.7:1				
0.17	2:1				
0.21	2.5:1				
0.25	3:1				
0.25	3:1				
0.3	4:1				
0.3	4:1				

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	Porcentaje del promedio que define el mínimo
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	[g]	[h]	Área Típica de Cobertura [i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
BALÓN PIE E.E.U.U.	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
• I		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.13	1.7:1				
• II		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.21	2.5:1				
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1				
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1				
SOFTBOL	Ver Deportes/Al aire libre/Béisbol														
SQUASH	Ver Deportes/Al aire libre/Balonmano														
NATACIÓN Y DEPORTES ACUÁTICOS	Categorizado según la clase de competición.														
• II															
• Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	161	161	161	Prom.										
• Iluminancia de la superficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.					0.21	2.5:1				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	200	200	200	Prom.					0.3	4:1				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.					0.21	2.5:1				
• III															
• Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	108	108	108	Prom.										
• Iluminancia de la superficie del agua	E_h @superficie del agua	300	300	300	Prom.					0.25	3:1				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.					0.3	4:1				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	500	500	500	Prom.					0.25	3:1				
• IV															
• Luminancia de la superficie del agua	cd/m² @superficie del agua	54	54	54	Prom.										
• Iluminancia de la superficie del agua	E_h @superficie del agua	100	100	100	Prom.					0.3	4:1				
Iluminancia de la superficie de la cubierta	E_h @superficie de la cubierta	100	100	100	Prom.					0.3	4:1				
Líneas de salida/llegada y de giro	E_h @superficie del agua	200	200	200	Prom.					0.3	4.:1				
TENIS	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
• I		1000	1000	1000	Prom.	300	300	300	Prom.	0.10	1.5:1				
• II		750	750	750	Prom.	200	200	200	Prom.	0.13	1.7:1				
• III		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.17	2:1				
• IV		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.21	2.5:1				
ATLETISMO	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.														
• II															
• Campo		500	500	500	Prom.	150	150	150	Prom.	0.25	3:1				
• Pista		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1				
• III															
• Campo		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.3	4:1				
• Pista		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1				

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación (continuación en la página siguiente)

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25 (Categoría)	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [f] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): CV_{max}	Max:Min	Área Típica de Cobertura [i]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ATLETISMO	(CONTINUACIÓN)												
• IV													
• Campo		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Pista		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
FRISBEE ÚLTIMO	Ver Balón Pie de E:E:U:U												
VOLLEYBALL	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.												
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
LANZAMIENTO DE ARANDELAS O TEJO	Eh @ superficie de participación												
• Recreación exclusivamente social		50	50	100	Prom.	15	15	30	Prom.	0.3	4:1		

Notas para la Tabla 35.3

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 35.3 Criterios de iluminancia. Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 35.41 Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 35.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse con una relación de 1 fc a 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas, y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. La iluminancia mínima se establecerá de acuerdo con la siguiente tabla:

Relación de Uniformidad Recomendada	**Porcentaje del promedio que define el mínimo**
1.5:1	80%
1.7:1	74%
2:1	66%
2.5:1	57%
3:1	50%
4:1	40%

f. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Todos los valores de uniformidad entre paréntesis hacen referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de curvas asociada con la iluminación exterior nocturna.

g. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

h. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

i. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d e — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				Uniformidad de los Objetivos [f] Sobre el Área de Cobertura — 1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades		Área Típica de Cobertura [i] (g, h)	
		<25	25-65	>65		<25	25-65	>65		CV_{max}	Max:Min	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
		Categoría			Indicador	Categoría			Indicador				
ATLETISMO	(CONTINUACIÓN)												
• IV													
• Campo		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
• Pista		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
FRISBEE ÚLTIMO	Ver Balón Pie de E:E:U:U												
VOLLEYBALL	Eh @ 3' por encima de la superficie de competencia. Categorizado según la clase de competencia.												
• III		300	300	300	Prom.	100	100	100	Prom.	0.25	3:1		
• IV		200	200	200	Prom.	50	50	50	Prom.	0.3	4:1		
LANZAMIENTO DE ARANDELAS O TEJO	Eh @ superficie de participación												
• Recreación exclusivamente social		50	50	100	Prom.	15	15	30	Prom.	0.3	4:1		

35.1.3.3 TEMPERATURA DE COLOR DE LAS FUENTES DE LUZ

Uno de los efectos más difíciles de superar en la transmisión televisiva son las diferencias en la temperatura de color y la reproducción de color en una instalación debido a una mezcla imperfecta de fuentes de luz. La cámara de televisión se puede equilibrar para una amplia gama de temperaturas de color de fuentes de luz (normalmente de 3000 K a 6000 K). Se deben evitar los cambios de color abruptos (el cambio abrupto puede provenir de sistemas ópticos que proyectan haces que incluyen separación de color de fuente o de una cobertura no uniforme de la instalación por dos fuentes diferentes). De manera similar, en instalaciones donde hay luz natural (desde ventanas, tragaluces, claraboyas) o en instalaciones al aire libre con sombras en el techo, cualquier cambio de color abrupto en una línea de sombra produce una calidad de imagen deficiente. Se deben elegir fuentes de luz de color de luz natural para complementar la luz natural disponible para minimizar estos problemas. Las fuentes de luz natural también mejoran la transición de la luz natural a la oscuridad en instalaciones al aire libre. Sin embargo, ningún sistema de iluminación superará el problema del "borde de sombra" donde la luz solar directa produce sombras en las superficies de juego.



FIGURA 35.1 | VARIAS LUMINARIAS EN UN SOLO POSTE

La iluminación de un campo de atletismo implica determinar la cantidad mínima de postes y su altura y ubicación, la elección correcta de la óptica de las luminarias y una orientación cuidadosa de las luminarias en el campo. Todos estos aspectos pueden producir un campo de juego iluminado con las iluminancias horizontales y verticales necesarias, control de la dispersión y la intrusión de luz, y buena visibilidad para los jugadores y los espectadores.

» Imagen ©Peter Bohler/Corbis

35.1.3.4 DIRECCIÓN DE VISIÓN

Desde la perspectiva de los jugadores, espectadores o cámaras de televisión y cine, hay un gran número de planos verticales. El software de iluminación permite el cálculo de la iluminancia normal al plano de visión de las cámaras o espectadores. Estos valores deben identificarse y calcularse siempre que sea posible para garantizar que la instalación de iluminación cumpla con todos los requisitos especificados.

35.1.3.5 ELEVACIÓN

Las elevaciones variarán según el deporte y el nivel de habilidad del juego. Generalmente, si sólo se selecciona una elevación, debe coincidir con la del plano horizontal que se va a medir. Los valores de iluminancia horizontal normalmente

están en un plano de un metro (3 pies) por encima de una superficie de juego. Los valores de iluminancia vertical, excepto cuando se encuentran en un objeto específico, como una diana de tiro con arco o un bolo, también están en un plano de un metro (3 pies) por encima de la superficie de juego.

35.1.3.6 LUMINANCIA VERTICAL

Aunque la iluminancia horizontal es importante para las cámaras de televisión y cine, la luminancia promedio en la dirección de la cámara establece los criterios de f-stop de una lente de cámara y la profundidad de campo resultante de la imagen. Generalmente, cuanto mayor sea la distancia de la cámara al sujeto, más luminancia se necesita para obtener imágenes satisfactorias.

Los objetos vistos por individuos o cámaras no son cubos con sólo cuatro valores de iluminancia en cuatro superficies verticales. La televisión y el cine tienen una latitud de contraste (negro a blanco) que es limitada, especialmente cuando se compara con el sistema visual. La mayor cantidad de luz que llega a un plano que es perpendicular al eje de la dirección de visualización de una cámara (es decir, dentro de los 90 grados del eje de la cámara incidente) establece el valor blanco o el área más intensa vista por la cámara. El eje de iluminación primaria sobre el objeto, por lo tanto, no necesita estar a lo largo del eje de visualización de la cámara, el jugador o el espectador.

35.1.3.7 COLOR Y CALIDAD DEL COLOR

El método utilizado para especificar la calidad del color de la fuente de luz es el Índice de reproducción cromática general (CRI). Para una reproducción cromática aceptable, el CRI no debe ser inferior a 65. Véase 6.3 Reproducción Cromática.

35.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de las actividades deportivas o recreativas que se realizarán en los espacios considerados, los jugadores y espectadores previstos y los requisitos de los medios de difusión. De lo contrario, la iluminación no se puede orientar de la mejor manera a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Estas definiciones son necesarias al inicio del diseño del proyecto para hacer un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones deportivas y recreativas previstas y el cálculo del cumplimiento de la iluminación, la potencia y la energía. Las funciones deportivas y recreativas citadas en la Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los deportes y las funciones para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaración con el cliente cuando se produzcan discrepancias entre la información de programación y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 35.3.

Los cielorrasos, paredes y pisos con alta reflectancia aumentan la cantidad de luz que llega a la superficie de juego. Sin embargo, si exhiben un alto componente de reflectancia especular, también pueden causar deslumbramiento reflejado y pueden exhibir un contraste deficiente para los objetivos visuales como, por ejemplo, cuando el piso de baloncesto con acabado pulido de un estadio refleja una imagen de las luminarias brillantes a los espectadores del lado opuesto. Este problema se puede minimizar con el uso de superficies de juego mate, sin embargo, para abordarlo adecuadamente, las luminarias deben ubicarse con cuidado. En las nuevas construcciones es importante que las pasarelas donde se ubican las luminarias estén en la posición adecuada para optimizar el diseño de la iluminación deportiva.

Las siguientes secciones describen instalaciones identificables en las que se encuentran comúnmente funciones deportivas y recreativas. Estas discusiones, las identificadas en la Tabla 35.1 y las funciones deportivas y recreativas disponibles identificadas en la Tabla 35.3 ofrecen criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

Cuadro **35.4** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

35.2.1 ARENAS

Las arenas, que suelen ser grandes y multipropósito, suelen incluir áreas de juego para baloncesto, hockey y balónpie de salón, y son aptas para rodeos, circos, espectáculos con animales, conciertos y ferias comerciales. A menudo se utilizan asientos portátiles para aprovechar al máximo la instalación. Las instalaciones de iluminación deben ser flexibles para adaptarse a esta variedad de usos.

El tamaño, la altura y el uso de las instalaciones deportivas de uso general varían ampliamente. La Tabla 35.3 proporciona recomendaciones para cumplir con los requisitos de iluminación horizontal, vertical y de uniformidad de dichas instalaciones, según los deportes involucrados. Además, se debe considerar el control del deslumbramiento directo y reflejado, la dirección de la luz y el modelado. Los sistemas de iluminación eléctrica suelen tener una amplia capacidad de cobertura y, por lo general, se controlan para satisfacer los requisitos de iluminación de diferentes deportes y actividades.

El uso de la luz natural puede conservar energía y brindar atracción visual. Sin embargo, también crea deslumbramiento y presenta dificultades para controlar el apagón en las presentaciones visuales. En todos los deportes en interior las ventanas y los tragaluces deben evaluarse en función de su impacto en el costo de construcción, el ahorro de energía y la comodidad visual de los jugadores y los espectadores. Consulte 14 | DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN NATURAL.

Además, muchos estadios con equipos deportivos profesionales requieren que la iluminación HID tenga persianas para que la iluminación del piso se pueda reducir para las presentaciones y otros eventos teatrales sin apagar las lámparas.

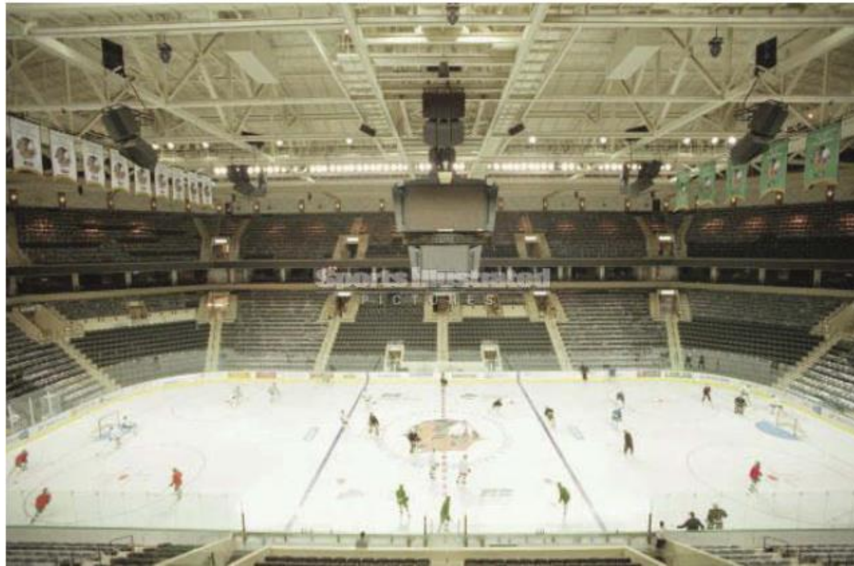


FIGURA 35.3 | COLLEGIATE ICE ARENA

Una serie de luminarias montadas en pasarelas ubicadas cerca de la unión de los asientos de hielo y otra serie montada en pasarelas sobre la primera sección de asientos proporcionan iluminación horizontal y vertical. Se requiere orientar la mayoría de las luces perpendicularmente a las líneas de visión principales de los jugadores y utilizar una óptica de luminaria adecuada y una orientación cuidadosa para limitar el deslumbramiento directo.

» Imagen ©Sports Illustrated/Getty Images



FIGURA 35.4 | CAMPO DE BÉISBOL MUNICIPAL

Los campos de béisbol municipales y escolares suelen estar iluminados con grupos de luminarias montadas en postes. La forma y la orientación del haz de las luminarias se utilizan para producir las diferentes iluminancias requeridas para el campo interior y el campo exterior. A menudo se requiere protección para evitar la intrusión de la luz.

» Imagen ©Radius Images/Corbis



FIGURA 35.5 | CAMPO DE FÚTBOL DE LA ESCUELA

Los postes altos que sostienen grupos de luminarias de haz estrecho y colocan las fuentes lo suficientemente por encima de las líneas de visión de los espectadores para evitar el deslumbramiento molesto, al tiempo que proporcionan un alcance suficiente para iluminar el campo de manera uniforme.

» Imagen ©Skip Nall/Corbis



FIGURA 35.6 | GIMNASIO

Las luminarias del cielorraso de gran superficie producen suficiente iluminación horizontal y vertical en el suelo de juego. Las mismas luminarias iluminan adecuadamente los postes de baloncesto. Si se utilizan fuentes de luz HID, normalmente se deben prever luces de reencendido instantáneo o luces complementarias para situaciones de emergencia o cortes de energía. » Imagen ©John Connell/Corbis

35.2.2 CAMPOS DE ATLETISMO

Los campos de atletismo de las escuelas secundarias y universidades suelen servir para varios deportes diferentes. La iluminación de un campo multiusos o combinado puede no ser tan satisfactoria como cuando la iluminación del campo puede dedicarse a un deporte individual. La iluminación de un campo multiusos requiere una atención especial a los requisitos de iluminación de varios deportes. El diseño final se ve afectado por la ubicación relativa de los diversos campos y los límites que cada disposición específica puede imponer a las ubicaciones del equipo de iluminación. La altura de montaje del poste debe tener en cuenta la dispersión del haz de la luminaria y las limitaciones de ubicación. Idealmente, la mayor parte del haz se dirige al campo de juego mientras se minimiza la intrusión de luz. También hay lugares donde las luminarias no deben ubicarse para eliminar el deslumbramiento para los jugadores, como detrás de la zona de anotación de un campo deportivo o detrás del plato de home (hogar) en los campos de béisbol.

El componente directo no controlado de las luminarias que brillan más allá de la instalación deportiva se llama luz dispersa. A veces denominada intrusión de luz, la luz dispersa puede causar molestias a la propiedad o vecindario adyacente. La luz difusa se puede controlar mediante una serie de consideraciones de diseño:

• Seleccionar una luminaria con un sistema óptico (y orientación adecuada) de modo que el haz definido no se extienda más allá de la instalación deportiva.

• Verificar que se hayan seleccionado las alturas de montaje adecuadas. Las alturas de montaje bajas de las luminarias aumentan el deslumbramiento e impactan negativamente en la iluminación del campo deportivo. Ocasionalmente, es posible agregar materiales de jardinería (arbustos, árboles) que protegerán parcialmente las propiedades adyacentes del deslumbramiento directo.

• Usar rejillas o deflectores de protección internos y externos en las luminarias. Sin embargo, tenga en cuenta que estos dispositivos pueden no ser efectivos y pueden reducir la eficiencia del sistema óptico. Si se utilizan protectores o deflectores, entonces se deben utilizar datos fotométricos que incluyan los dispositivos de protección en los cálculos informáticos para obtener resultados precisos.



FIGURA 35.7 |ILUMINACIÓN NATURAL DE UN GIMNASIO

La iluminación natural y la iluminación eléctrica fluorescente regulable/conmutable pueden iluminar de manera eficaz y eficiente un gimnasio de uso general y una sala de recreación multifunción.

» Imagen ©Peter Durant/Arcaid/Corbis



FIGURA 352.8 | ILUMINACIÓN SUBACUÁTICA DE PISCINAS

Las luminarias subacuáticas pueden iluminar adecuadamente una piscina y aumentar la iluminación natural. La colocación de las luminarias se realiza a los lados de los carriles de natación principales, si están presentes.

» Imagen ©cultura/Corbis

• Utilizar colores de baja reflectancia en superficies críticas para minimizar la luz reflejada de las superficies circundantes dentro de la instalación.

• Las horas de uso son a menudo un problema para la luz dispersa y es una buena práctica instalar un temporizador para apagar automáticamente las luces del campo de juego en una hora de cierre o toque de queda designada.

Esta combinación de factores de diseño debe evaluarse en su conjunto para controlar la luz dispersa o reducir la intrusión de luz. Los problemas relacionados con la luz dispersa, como el deslumbramiento, con frecuencia crean tempestades emocionales y políticas. La revisión de las ordenanzas locales, la documentación adecuada y la participación temprana del público en el proceso de diseño pueden ayudar a minimizar este problema.

35.2.3 CASAS DE CAMPO

Muchos usos son comunes tanto para las casas de campo como para los gimnasios. Sin embargo, las casas de campo son generalmente más grandes y sirven para una gama más amplia de deportes, incluidos los eventos de atletismo en interiores. Las casas de campo también pueden acomodar deportes al aire libre que se llevan al interior durante las inclemencias del tiempo. Los pisos y cielorrasos portátiles se utilizan comúnmente para aumentar la flexibilidad. Se debe

considerar esquemas de control versátiles, sistemas de iluminación individuales para deportes aéreos y a nivel del suelo, y las necesidades de los participantes y espectadores. Véase 35.2.1 Arenas.

35.2.4 GIMNASIOS

Generalmente implementados como parte de una instalación educativa, los gimnasios con frecuencia albergan programas escolares durante el día y funciones comunitarias durante la noche. Puede ser conveniente una amplia variedad de niveles de iluminación porque se pueden encontrar diversas tareas visuales. El control general de la iluminación se puede lograr mediante atenuación o conmutación dividida. Véase 35.2.1 Arenas.

35.2.5 PISCINAS

Las piscinas vienen en una amplia variedad de formas y tamaños y pueden usarse de día o de noche. Sin embargo, los eventos competitivos que ocurren después del anochecer generalmente se llevan a cabo en instalaciones interiores. La natación es un deporte multidireccional a nivel del suelo. Es una actividad recreativa popular, así como un deporte competitivo. Los criterios de diseño de iluminación son similares tanto para piscinas interiores como para exteriores al aire libre. Los criterios de iluminación citados en la Tabla 35.3 son para instalaciones tanto cubiertas como al aire libre, con énfasis en piscinas comerciales, públicas e institucionales. Sin embargo, los criterios de iluminación también son aplicables a piscinas privadas y recreativas.

El agua es un buen transmisor y difusor de luz. Sin embargo, la superficie del agua también actúa como reflector de la luz incidente. El grado de reflexión depende del ángulo de incidencia. Además, la acción de nadar causa turbulencia en la superficie que produce reflejos dispersos. En la práctica, en cualquier momento, una parte importante de la superficie del agua no se ve perturbada en más de 20 grados con respecto a la horizontal.

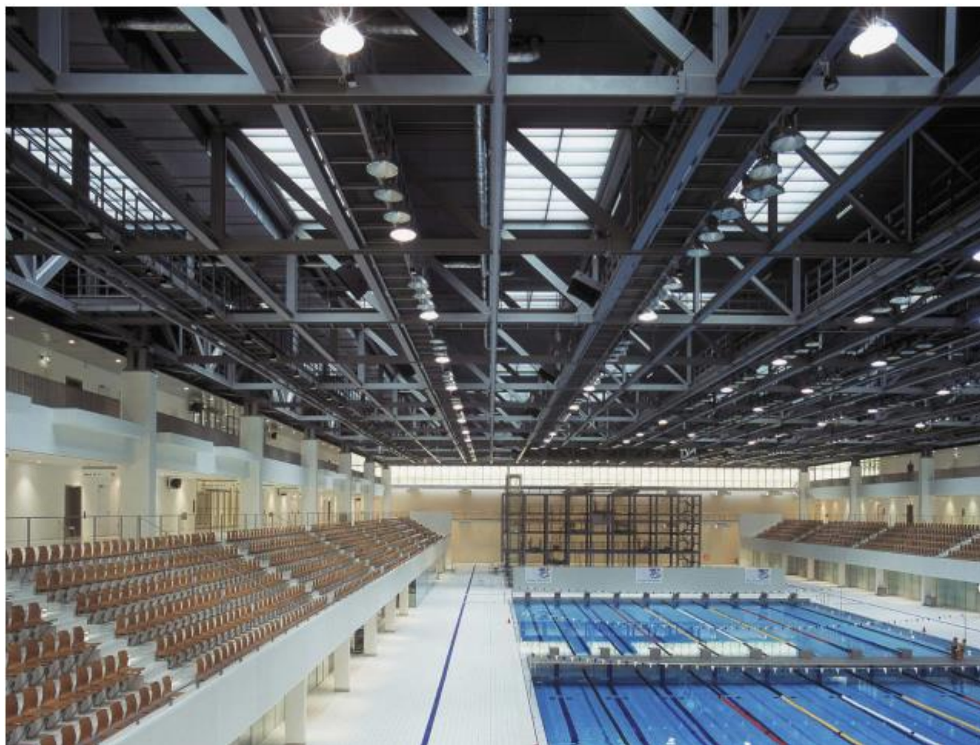


FIGURA 35.9 | ILUMINACIÓN NATURAL DE UNA PISCINA

La iluminación natural puede proporcionar gran parte de la iluminación general necesaria para piscinas cubiertas. Las luminarias de techo proporcionan luz adicional e iluminan las áreas adyacentes a la piscina. La conmutación permite que

los niveles de iluminación eléctrica varíen según el uso y las funciones de la piscina. » Imagen ©Construction Photography/Corbis

35.2.5.1 UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS

A medida que la luz incide en el agua en ángulos menos profundos, el componente reflejado aumenta hasta que prácticamente no penetra luz en la superficie del agua. Esta reflexión de la luz provoca reflejos veladores, lo que dificulta ver dentro del agua para observar a los nadadores y buceadores. Por lo tanto, es necesario controlar los reflejos de las luminarias o la luz natural a través de las ventanas en la superficie del agua para asegurar una buena penetración de la luz en el agua. Como regla general, es deseable ubicar todas las fuentes de luz superiores de manera que el ángulo de incidencia del haz de luz principal sea inferior a 50 grados con respecto a la vertical. La luz desde arriba es necesaria para iluminar las áreas de la plataforma de la piscina, las plataformas de salto, la acción deportiva que ocurre por encima de la superficie del agua (por ejemplo, waterpolo) y para proporcionar penetración de luz en la cuenca de agua.

Para mejorar la seguridad y la observación de los nadadores en el agua, las iluminancias dentro de la cuenca de la piscina deben superar la luminancia de la luz reflejada desde la superficie del agua. Las luminarias subacuáticas se utilizan para minimizar los reflejos que se producen en la superficie del agua y mejorar la visibilidad de los nadadores en el agua. Para lograr la máxima eficacia, los acabados de los estanques de las piscinas que se encuentren por debajo de la línea de flotación deben ser preferiblemente blancos o de un color con una reflectancia no inferior al 50 por ciento.

Las luminarias deben colocarse en lugares que permitan que una parte adecuada de la luz incidente penetre en el agua y no se refleje en los ojos de los observadores. Las luminarias ubicadas cerca de los bordes de la piscina son fáciles de mantener y aún pueden proporcionar una buena penetración de la luz. Las luminarias no deben colocarse dentro de un cono de 20 grados que se extienda por encima de la plataforma de buceo.



FIGURA 35.10 | ESTADIO DE FÚTBOL

Una óptica y una puntería muy controladas producen iluminancias en el campo con poco deslumbramiento y luz dispersa. » Imagen ©2010 LatinContent/Getty Images

35.2.5.2 LUZ NATURAL

La luz natural presenta problemas en términos de control del deslumbramiento y la reflexión. La luz natural admitida directamente desde arriba de la piscina es deseable. Pero la luz de las ventanas a lo largo de los lados o extremos de la piscina puede causar un exceso de deslumbramiento. La intensidad total de la escena vista (incluyendo los reflejos en el agua) debe ser menor que la iluminancia en los estanques de la piscina. La iluminancia de los tragaluces se puede calcular utilizando cualquiera de los algoritmos generalmente aceptados. Los tragaluces deben ser difusos con pozos con acabado mate ensanchados para evitar que los rayos de sol directos entren en el área de la piscina. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL.

35.2.5.3 LUMINARIAS SUBACUÁTICAS

Hay dos tipos de iluminación subacuática: montaje en nicho seco y húmedo. Para nichos húmedos, se empotran luminarias especiales herméticas en las paredes de la piscina. Para nichos secos, las luminarias se colocan detrás de ojos de buey o ventanas herméticas. Los diseños de nichos húmedos, si son defectuosos, pueden producir descargas eléctricas. Por lo tanto, el equipo, la instalación del cableado y los métodos de detección de fallas a tierra utilizados deben cumplir estrictamente con el Código Eléctrico Nacional.

Las luces subacuáticas deben colocarse aproximadamente de 0,61 a 0,91 metros (2,0 a 3,0 pies) por debajo de la superficie del agua en los lados largos de la piscina con otra fila de luminarias a un nivel de 2,4 a 3,0 metros (8,0 a 10,0 pies) para piscinas profundas. La orientación debe ser aproximadamente diez grados por encima de la horizontal para que la luz de las luminarias subacuáticas se refleje en la superficie del agua y vuelva a la piscina.

Las luminarias subacuáticas no deben estar orientadas hacia nadadores que compiten en carriles paralelos. Si la piscina es demasiado ancha para que las luminarias con el espaciado recomendado en los lados largos de la piscina proporcionen una cobertura adecuada, se debe considerar una distribución de haz angosto y un espaciado más cercano de las luminarias.

35.2.5.4 REQUISITOS DE LUMINANCIA

Algunas de las recomendaciones de la Tabla 35.3 se refieren a deportes acuáticos y proporcionan las luminancias requeridas para la superficie del agua. Para fines de diseño, se puede utilizar la siguiente ecuación empírica para determinar la cantidad total de lúmenes necesarios en la superficie de una piscina:

$$\Phi_{\text{requerido}} = \frac{A \, \pi \, L_{\text{requerida}}}{0.8 \, \rho}$$

Donde

$\Phi_{\text{requerido}}$ = Lúmenes requeridos para alcanzar la luminancia deseada

A = Área de la superficie de agua en m^2

$L_{\text{requerida}}$ = Luminancia requerida de la superficie del agua en cd/m^2

0.8 = Factor de turbiedad del agua

ρ = Reflectancia de las superficies de la cuenca de la piscina

35.2.6 ESTADIOS, INTERIORES

Los grandes estadios para las grandes ligas de béisbol y fútbol americano que albergan hasta 100.000 espectadores se denominan estadios. El diseño de la iluminación del estadio debe ser similar al de las arenas. Algunos estadios cuentan con techos blandos translúcidos soportados en el aire o por cables. Durante el día, estos techos pueden tener la apariencia de un cielo nublado. Esto provoca un deslumbramiento directo para los jugadores que miran hacia arriba y un contraste deficiente entre el techo y el objetivo visual (pelota de béisbol blanca). Para mitigar este problema, el techo translúcido y otras superficies interiores deben tener un color y/o acabado que aumente el contraste con el objetivo visual. Consulte 35.2.1 Arenas.

35.2.7 ESTADIOS, AL AIRE LIBRE

Los estadios son instalaciones con gran capacidad de asientos que se utilizan para deportes individuales o múltiples y eventos públicos. La iluminación del estadio debe diseñarse especialmente con orientaciones, ubicaciones, iluminancias y controles adecuados que satisfagan las necesidades de cualquier contingencia. No se recomiendan aquí los diseños típicos debido a la amplia variación en las configuraciones de los estadios. Véase 35.2.2 Campos de Atletismo.

35.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se implementan por completo, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. A continuación, se incluyen notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 35.3.

35.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Los deportes encontrados en un proyecto determinado pueden ser diferentes de los identificados en la Tabla 35.3 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado realizar referencias cruzadas de deportes estrechamente asociados. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista de la Tabla 35.3 para determinar si algún deporte exhibe un componente visual similar al deporte de aplicación único. Esto implica deportes aéreos o terrestres similares que tienen objetos similares, velocidad de juego y superficies importantes. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características deportivas más estrechamente asociadas con los deportes únicos de la aplicación. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretenda realizar, deben documentarse cuidadosamente para que quede constancia de ello.

35.3.2 NOTAS

Las notas de la Tabla 35.3 pueden hacer referencia a otros títulos de tareas de la tabla o a otros capítulos del manual, según corresponda. Cuando se justifica algún grado de aclaración, se realizan notas.

35.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de trabajo y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y los otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas anticipadas hasta el punto en el tiempo en el que se debe realizar el reemplazo y la limpieza del grupo. El reemplazo y la limpieza del grupo deben ser una práctica

estándar y, para fines de sostenibilidad, ya no se puede presumir que sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica recomendada para el mantenimiento planificado de la iluminación interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores reales de iluminancia caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, en los que se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lúmenes que certifique el proveedor del LED. Consulte 13.3 Vida útil y Mantenimiento de Lúmenes.

Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la actividad funcional respectiva. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 35.3 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión que se genera con un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia que se genera con valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones estrictas. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del mismo debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de la IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, normalmente, pero no siempre, horizontal o vertical. En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para iluminar los marcadores de distancia del campo de prácticas, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las cercanías o de cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

35.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y el objetivo de iluminancia se debe determinar en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por la IES relacionado con el modo plano típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente. En las instalaciones deportivas, este es a veces el caso de la iluminancia vertical. Por ejemplo, el eje principal de juego de un deporte unidireccional en un estadio puede no estar alineado con los ejes principales del estadio.

Casi todas las tareas tienen un componente de iluminancia horizontal (Eh) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea.

Cuando los objetivos de iluminancia están previstos en diferentes elevaciones planares, esto se indica en “Notas”. Por ejemplo, en algunos casos el requisito de iluminancia está en la superficie competitiva, mientras que en otros es 3’ AFF. La altura a la que se recomiendan las iluminancias verticales puede no ser la misma que la de las recomendaciones de iluminancia horizontal.

Tenga en cuenta la implicación para las edades visuales de los observadores. Es necesario establecer y rastrear las orientaciones de las tareas y abordar tanto la iluminancia horizontal como la vertical. Si las orientaciones en el proyecto en consideración están programadas para que se inviertan con respecto a lo que podría considerarse una visión normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de apuntado y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas”. Sin embargo, el diseñador debe determinar la orientación de múltiples planos verticales. En algunas situaciones, los planos verticales pueden estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación. A menos que se indique lo contrario, las iluminancias verticales deben calcularse o medirse en cuatro planos verticales cardinales o perpendiculares en cada punto de interés. El promedio de los valores en todos los puntos en al menos uno de estos planos debe cumplir o superar la iluminancia vertical especificada.

35.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el cliente. Puede determinarse que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto al que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede dar como resultado una iluminación excesiva, insuficiente, intensa, desagradable o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como en las videoconferencias, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la cámara y, por lo tanto, no está vinculada a las edades de los observadores.

35.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Se muestran en la Tabla 35.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

35.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se controlan de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento del objetivo, como la calificación de criterio (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande.

En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. Se puede aceptar una tolerancia de ingeniería estándar de ±10 % para los objetivos medidos como promedio, a menos que las obligaciones contractuales o de código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de los márgenes de tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas

en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

35.3.3.4 DEFINICIÓN DE LA ILUMINANCIA MÍNIMA

Para la seguridad personal de los jugadores, se debe mantener una iluminancia mínima sobre toda la superficie de juego. Se recomienda que este mínimo sea una fracción de la iluminancia promedio, donde la fracción es una función del objetivo de uniformidad. Consulte los valores de las fracciones que se enumeran en la nota **e** de la Tabla 35.3 | Recomendaciones de Iluminancia para Deportes y Recreación. Por ejemplo, una aplicación deportiva con una iluminancia recomendada de 300 lux y un objetivo de uniformidad máxima a mínima de 2:1, el 66 % de la iluminancia recomendada promedio define la iluminancia mínima recomendada como 200 lux.

35.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar incomodidad visual, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Las relaciones de uniformidad que se enumeran en la tabla son sólo para la iluminancia horizontal. Generalmente, cuanto más importantes sean la velocidad y la precisión, y cuanto más exigente sea la tarea visual, más estricta debe ser la relación.

35.3.4.1 COEFICIENTE DE VARIANZA

Este método (usado comúnmente en estadística) es una medida del promedio ponderado de todos los valores de iluminancia relevantes, donde la varianza de un conjunto de valores (CV) se calcula como la relación entre la desviación estándar de todos los valores de iluminancia y el valor de iluminancia medio. Se ha demostrado que el CV está relacionado con las relaciones de uniformidad comunes en la industria de la iluminación. No considera sólo 2 puntos dentro de una matriz, sino que incluye en la fórmula cada punto de lectura. Es el método preferido para usar cuando se hace referencia a la uniformidad de una instalación de iluminación deportiva. Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande.

35.3.4.2 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación generalmente se atribuye a situaciones en las que demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

35.3.5 MEJORA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas. Para aplicaciones

al aire libre, las lámparas y los balastos, los transformadores y los controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías.

35.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como las computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o las tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambas, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos de velo se minimizan controlando la cantidad y la dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos de velo se pueden filtrar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. Abordar las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Recomendaciones de Luminancia e Intensidad de Luminaria Predeterminadas para Aplicaciones de VDT) minimiza los reflejos de velo. Cambiar la tarea reducirá o eliminará los reflejos veladores, como el uso de pantallas de computadora CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en comparación con sus contrapartes especulares.

35.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de la tarea, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Las áreas típicas de cobertura de iluminancia de la tarea se identifican en RP-6 [2]. Un área de cobertura es "tarea propiamente dicha o área de tarea". Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Algunos ejemplos son el bolo principal en los bolos o el objetivo en un campo de tiro con arco.

Otra área de cobertura es "sala o área designada". En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a un área de juego completa y generalmente es de un tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se juega el deporte. El área designada generalmente se establece por las reglas de los juegos o los límites prácticos de un campo de juego. Las referencias de área de cobertura de la Tabla 35.3 se basan en campos de juego estándar definidos para deportes individuales y se describen en [2].

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular. Esto es particularmente cierto cuando se deben acomodar múltiples deportes en un solo campo y con un solo sistema de iluminación.

35.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para instalaciones deportivas y recreativas y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y balastos, transformadores y controladores deben seleccionarse para condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• usar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• usar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• usar controles liberalmente, preferiblemente variedades automatizadas como preajustes, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan sólo con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales al aire libre

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la disposición posterior por parte del equipo, el cliente o la Autoridad competente

• documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

Diseñar para la satisfacción de los jugadores y espectadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los jugadores y los espectadores, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, como tampoco cuántos recursos de la Tierra se ahorrarían. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, solo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS ECONÓMICOS DE IESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre estimación de costos

• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE IESH/10e

> 17.2 Nueva construcción

• para obtener más información sobre el diseño para la iluminación natural

• para obtener más información sobre los equipos de iluminación eléctrica

• para obtener más información sobre los controles de iluminación

> 17.4 Códigos, reglamentos y normas de iluminación

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para obtener más información sobre las normas de los equipos

IESH/10e RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

> 12.S.S.6 Iluminancias nocturnas en exteriores

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en la adaptación mesópica

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para obtener más información sobre los criterios

RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD DE IESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad

• para obtener más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para obtener más información sobre controles

• para obtener más información sobre recursos de la tierra

• para obtener más información sobre energía

• para obtener más información sobre análisis del ciclo de vida

• para obtener más información sobre diseño de iluminación

• para obtener más información sobre reciclaje

35.5 REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. The IESNA Lighting Handbook: Reference and Application, Ninth Edition (New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000), Chapters 5, 10, and 13.

[2] [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2001. RP-6-01(R2009), Recommended Practice for Sports and Recreational Area Lighting. 92 p.



36 I ILUMINACIÓN PARA EL TRANSPORTE

Viajar es fatal para los prejuicios, la intolerancia y la estrechez de miras, y muchos de nuestros pueblos lo necesitan urgentemente por estos motivos. No se pueden adquirir puntos de vista amplios, sanos y caritativos sobre los hombres y las cosas vegetando en un pequeño rincón de la tierra durante toda la vida.

Mark Twain

CONTENIDO

El crecimiento económico general y la prosperidad se sustentan en el transporte moderno. Las comunicaciones y la carga, el comercio y el turismo dependen de los sistemas de transporte modernos. Este capítulo ofrece recomendaciones para las instalaciones terrestres que utilizan los viajeros por aire, tren y autobús. A menudo son entornos complejos que deben adaptarse a las necesidades de grandes cantidades de personas, colas para el chequeo de ingreso y el control de seguridad, servicios de comida y venta minorista, y áreas de espera que sean cómodas y permitan una cierta cantidad de trabajo visual. Una consecuencia de esto son espacios típicamente muy grandes que deben proporcionar iluminación para una variedad de tareas y funciones. Las áreas urbanas de tamaño modesto tienen aeropuertos y terminales de autobús que son importantes para el comercio local, el transporte y el crecimiento económico. Las grandes ciudades tienen grandes aeropuertos con múltiples terminales. Estos complejos deben proporcionar no sólo la mecánica práctica de viajar para miles de viajeros, como el chequeo de ingreso, el control de seguridad, la entrega de equipaje y la espera, sino también lugares para el servicio de comida, la venta minorista y espacios cómodos y atractivos para los viajeros de negocios y los turistas.

Los esfuerzos de diseño integrales involucran la información de este capítulo combinada con el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Se deben identificar los principios de diseño que se consideren apropiados de esos capítulos y desarrollar los objetivos y las estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los criterios de iluminancia para aplicaciones en instalaciones de transporte que

deberían influir en las selecciones ópticas de luminarias, lámparas y diseños finales basados en ideas iniciales de diseño (ver 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. Los documentos anteriores relacionados con IES sirven como fuentes de referencia de archivo [1]. Se debe pensar deliberadamente en detalles más allá de las iluminancias recomendadas en este capítulo. Por ejemplo, en la Tabla 36.2 para PANTALLAS DE INFORMACIÓN DE VUELO, las referencias de iluminancia por sí solas no garantizan una iluminación exitosa de esta importante tarea. Se debe considerar la naturaleza precisa de las pantallas digitales, el ángulo de visión amplio y múltiple, los posibles reflejos que enturbian y el deslumbramiento de fuentes distantes pero visualmente adyacentes. Dichos detalles específicos no se enumeran para todas las tareas. La Tabla 36.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de iluminación y energía para interiores y exteriores establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes de los criterios IES y reemplazarlos. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

36.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Antes de realizar cualquier trabajo de diseño, es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto. Esto permitirá determinar en qué medida la iluminación natural puede satisfacer la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades.

Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. En cada oportunidad, el diseñador de iluminación debe tener en cuenta la iluminación natural como fuente de luz. Para algunas aplicaciones y tareas, la iluminación natural puede ser la fuente de luz principal. Esto significa abordar de manera crítica la gran cantidad de factores de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. La luz natural exige atención para moderar o eliminar el deslumbramiento y equilibrar la energía visible y térmica.

36.2 TIPOS DE APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios de aplicación comunes, en consideración, y los ocupantes, funciones y tareas previstos (consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar de la mejor manera a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Se requieren definiciones de tipos de espacios al comienzo del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo de la iluminación, la potencia y el cumplimiento de la energía. Los nombres de las habitaciones, de las cuales se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben estar claramente marcados en fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia del Transporte deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Solicite una aclaración al cliente en caso de que se produzcan discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 36.2.

La siguiente discusión se centra en los principales encabezados de aplicaciones de la Tabla 36.2. Combine esto con los temas de la Tabla 36.1 para obtener criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

Tabla 36.1 | Lista de Verificación de Iluminación para Transporte

Tópicos	✔ Recursos de Criterio y Diseño
Acentuación	15.1.1.3 Iluminación de Acento Tabla 12.2 | Impresiones Subjetivas Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Aplicaciones Comunes
Apariencia	12.2 Factores Espaciales
Color	12.5.6 Consideraciones de Color
Controles	16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna	14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica	15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo	4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento	4.10.1 Deslumbramiento Incómodo 4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia	Este Capítulo: Cuadro 36.2 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas Tabla 12.6 | Recomendaciones de Relación de Iluminancia Predeterminada Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea
Distribución Luminosa	12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias	12.5.2 Luminancia 12.5 | Recomendaciones de Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento	15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Entorno Exterior Nocturno	Tabla 15.6 / Estrategias Operativas Nocturnas para Mejorar el Respeto del Medio Ambiente Exterior
Integración de Sistemas	12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo	Este Capítulo: Sección 36.3.6 12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales	Este Capítulo: Sección 36.2 Este Capítulo: Cuadro 36.2 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos 12.5.1 Tareas Visuales Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

36.2.1 ADMINISTRACIÓN

La mayoría de las instalaciones de transporte deben proporcionar funciones administrativas y, por lo general, incluyen circulación, conferencias, salas de espera, archivos o registros y oficinas. Cada una de ellas, a su vez, puede implicar una serie de características específicas, incluida alguna forma o grado de reconocimiento, conversación, lectura, períodos de respiro o relajación y escritura, todas ellas tareas dentro de las aplicaciones. El reconocimiento de otras personas y la conversación, por ejemplo, requieren cierta iluminación vertical a la altura de la cara (sentado o de pie, según la naturaleza de la aplicación). Se citan criterios de iluminación vertical para tales aplicaciones.

Las áreas administrativas pueden estar dispersas en una instalación o complejo o pueden estar centralizadas en una sola área o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas es compatible o diferente del de otras aplicaciones.

Véase también 32 | ILUMINACIÓN DE OFICINAS. 36.2.2

OFICINA DE RECOGIDA Y SERVICIO DE EQUIPAJES

Las zonas de recogida de equipajes albergan equipos que mueven el equipaje delante de los pasajeros que esperan. Los carruseles con superficies móviles oblicuas presentan superficies inclinadas para la lectura y la identificación. Los carruseles de cinta horizontales presentan superficies orientadas de forma más arbitraria. En ambos casos, los pasajeros suelen estar amontonados cerca de las superficies móviles, por lo que la iluminación debe venir desde arriba y desde delante para evitar sombras. El equipaje suele reconocerse, en parte, por su color o el color de una etiqueta o bandera adherida; por lo tanto, es un requisito una buena reproducción del color. Véanse las figuras 36.1 y 36.2.

Además del reconocimiento y la recuperación de equipaje, las zonas de recogida de equipaje de los aeropuertos son lugares donde se recibe a los pasajeros que llegan. Iluminancia vertical y modelado para una buena iluminación facial el reconocimiento de personas es importante.

Por este motivo, las áreas de recogida de equipajes también son espacios de transición hacia pasillos exteriores, plataformas, áreas de espera como paradas de taxis y otras funciones exteriores. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

Para las oficinas de servicio de recogida de equipajes, consulte también 32 | ILUMINACIÓN PARA OFICINAS.



FIGURA 36.11 CARRUSEL DE EQUIPAJE INCLINADO

❶ La iluminación fluorescente lineal de la calzada produce una iluminación general. ❷ Se añaden ranuras para iluminar los tramos principales de la superficie móvil del carrusel. Las altas reflectancias de la superficie ayudan a aumentar el componente interreflejado de la iluminancia y las iluminancias verticales a la altura de la cara.

» Imagen ©Jon Feingersh Photography/Super- Stock/Corbis



FIGURA 36.2 | CINTA TRANSPORTADORA DE EQUIPAJES HORIZONTAL

❶ Un cofre abovedado poco profundo e iluminado indirectamente proporciona iluminación general. ❷ Luces descendentes adicionales iluminan la cinta transportadora horizontal.

» Imagen ©Scott Barrow/Corbis

36.2.3 RECOGIDA Y BAJADA DE AUTOBUSES Y TRANSBORDADORES

Los autobuses y las furgonetas lanzadera que llevan a las zonas de alquiler de coches, aparcamientos y otras zonas de un aeropuerto suelen esperarse en zonas junto a la acera justo fuera de la terminal o en isletas separadas del edificio de la terminal por pasarelas. Varias condiciones en estas zonas influyen en la iluminación:

• Grado en el que están protegidas de los elementos

• Proximidad del tráfico de vehículos al tráfico de peatones

• Niveles previstos de actividad nocturna

La Tabla 22.2 en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES describe una lista extensa de tipos de entrada y situaciones que brindan recomendaciones para estas áreas donde se mezcla el tráfico vehicular y peatonal. Consulte la Figura 36.3. Estas áreas de recogida y descenso de autobuses y lanzaderas pueden estar descubiertas o cubiertas. Las áreas cubiertas se cubren como una extensión del edificio de la terminal o por separado en el caso de las islas. Para tales áreas cubiertas donde se espera alguna conversación y reconocimiento pasajero y para una multitud más grande de personas, son apropiadas iluminancias algo más altas que aquellas para áreas de espera abiertas o descubiertas, como en los estacionamientos. Las áreas de espera cubiertas cerca de la acera por su naturaleza involucran una mezcla de tráfico vehicular y peatonal y en estas situaciones, son apropiadas iluminancias aún más altas.

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUANDO	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 15.1.1.3 Iluminación de Acento. Estos son criterios que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.										
•Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para ver materiales que merecen ser conservados.								ver Tabla 15.2		
• Muro de presentación	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
• Punto focal importante	En el plano del punto focal			ver Tabla 15.2					ver Tabla 15.2		
• Perímetro	En el plano de la pared								ver Tabla 15.2		
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
TERMINALES DE AVIACIÓN											
•Cajeros automáticos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Equipaje											
• Reclamo											
· Cinta transportadora	E_h @3' AFF; Ev @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Carritos	E_h @3' AFF; Ev @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Carrusel	E_h @3' AFF; Ev @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· General	E_h @piso; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
Quiosco de información del hotel	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Estantes	E_h @3' AFF; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Manipulación	Coordinar la iluminación con los requisitos de los equipos de detección de imágenes y/o cámaras de seguridad.										
· Automatizado	E_h y E_v @1' por encima de la cinta	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Manual	E_h y E_v @1' por encima de la cinta	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Oficina de servicio											
· Mostrador de agente	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Almacenamiento de equipaje	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
Recogida y entrega de autobuses y Transbordadores											
• Cubierto	En los bordillos de descenso y en el área cubierta destinada a las colas previstas para el descenso y el ascenso de pasajeros.										
· Actividad alta [i]	Bordes caracterizados por períodos de alto tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de entrada/salida del edificio.										
· LZ4[j]		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	control con sensores de movimiento [k]	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· Actividad media [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico peatonal y vehicular medio; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.										
· LZ4[j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
· LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
· LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
· LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
· LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	control con sensores de movimiento [k]	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	ver 15.1.1.3					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	1.5:1					
	1.5:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						

Notas para la Tabla 36.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 36.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 36.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 36.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 36.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.
g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.
j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.
k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min
ACENTUANDO	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 15.1.1.3 Iluminación de Acento. Estos son criterios que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.													
•Arte	En el plano de la obra de arte (normalmente vertical). Consulte 21 | ILUMINACIÓN PARA EL ARTE para ver materiales que merecen ser conservados.						ver Tabla 15.2						ver 15.1.1.3	
• Muro de presentación	En el plano de la pared						ver Tabla 15.2						ver 15.1.1.3	
• Punto focal importante	En el plano del punto focal		ver Tabla 15.2				ver Tabla 15.2						ver 15.1.1.3	
• Perímetro	En el plano de la pared						ver Tabla 15.2						ver 15.1.1.3	
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
TERMINALES DE AVIACIÓN														
•Cajeros automáticos	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
•Equipaje														
• Reclamo														
· Cinta transportadora	E_h @3' AFF; Ev @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
· Carritos	E_h @3' AFF; Ev @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
· Carrusel	E_h @3' AFF; Ev @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
· General	E_h @piso; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
Quiosco de información del hotel	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
· Estantes	E_h @3' AFF; Ev @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
• Manipulación	Coordinar la iluminación con los requisitos de los equipos de detección de imágenes y/o cámaras de seguridad.													
· Automatizado	E_h y E_v @1' por encima de la cinta	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		1.5:1	
· Manual	E_h y E_v @1' por encima de la cinta	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		1.5:1	
• Oficina de servicio														
· Mostrador de agente	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1	
· Almacenamiento de equipaje	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		3:1	
· General	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1	
Recogida y entrega de autobuses y Transbordadores														
• Cubierto	En los bordillos de descenso y en el área cubierta destinada a las colas previstas para el descenso y el ascenso de pasajeros.													
· Actividad alta [i]	Bordes caracterizados por períodos de alto tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de entrada/salida del edificio.													
· LZ4 [j]		J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.	4:1	2:1	
· LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		I	15	30	60	Prom.	G	7.5	15	30	Prom.	4:1	2:1 (4:1)	
· LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
· LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
· LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)	control con sensores de movimiento k	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	2:1		
· Actividad media [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico peatonal y vehicular medio; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.													
· LZ4 [j]		H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	4:1	2:1	
· LZ3 [j] (y toque de queda LZ4)		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	4:1	2:1 (4:1)	
· LZ2 [j] (y toque de queda LZ3)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
· LZ1 [j] (y toque de queda LZ2)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	2:1 (4:1)	
· LZ0 [j] (y toque de queda LZ1)	control con sensores de movimiento k	D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	2:1		

Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas; Habitación o Área Designada

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte (continuación en la página siguiente)

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TERMINALES DE AVIACIÓN	(Recogida y regreso en autobús y transbordador, continuación)										
• Actividad baja [i]	Bordillos caracterizados por períodos de poco tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.										
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• Descubierto	En los bordillos de descenso y en el área de la plataforma destinada a la formación de colas y a la subida y bajada de pasajeros.										
• Actividad alta [i]	Bordillos caracterizados por períodos de alto tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev a 5' AFG en dirección a salida o entrada del edificio										
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• Actividad media [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico peatonal y vehicular medio; Eh @grado; Ev, @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.										
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• Actividad baja [i]	Bordillos caracterizados por períodos de poco tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.										
• LZ4[j]		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0	
•Vestíbulos											
• General	E_h @ piso;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Asientos	E_h y E_v @ 2' 6" en área de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Aduanas											
• Puesto de control	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Inspección	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Ascensores	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
•Escaleras mecánicas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte **(continuación en la página siguiente)**

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min				
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
4:1	2:1					
4:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
3:1	2:1 (4:1)					
2:1						
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 36.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 36.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 36.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 36.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 36.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TERMINALES DE AVIACIÓN	(Recogida y regreso en autobús y transbordador, continuación)																	
• Actividad baja [i]	Bordillos caracterizados por períodos de poco tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.																	
• LZ4[j]		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1	2:1				■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		2:1					■	
• Descubierto	En los bordillos de descenso y en el área de la plataforma destinada a la formación de colas y a la subida y bajada de pasajeros.																	
• Actividad alta [i]	Bordillos caracterizados por períodos de alto tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev a 5' AFG en dirección a salida o entrada del edificio																	
• LZ4[j]		G	7.5	15	30	Prom.	E	4	8	16	Prom.	4:1	2:1				■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.	4:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	2:1					■	
• Actividad media [i]	Bordillos caracterizados por períodos de tráfico peatonal y vehicular medio; Eh @grado; Ev, @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.																	
• LZ4[j]		E	4	8	16	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	2:1				■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		D	3	6	12	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		C	2	4	8	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		B	1	2	4	Prom.	-	0	0	0		3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		2:1					■	
• Actividad baja [i]	Bordillos caracterizados por períodos de poco tráfico peatonal y vehicular; Eh @grado; Ev @5' AFG en dirección de ingreso/egreso del edificio.																	
• LZ4[j]		C	2	4	8	Prom.	C	2	4	8	Prom.	4:1	2:1				■	
• LZ3[j] (y toque de queda LZ4)		B	1	2	4	Prom.	B	1	2	4	Prom.	4:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ2[j] (y toque de queda LZ3)		A	0.5	1	2	Prom.	A	0.5	1	2	Prom.	3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ1[j] (y toque de queda LZ2)		A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		3:1	2:1 (4:1)				■	
• LZ0[j] (y toque de queda LZ1)	Control con sensores de movimiento k	A	0.5	1	2	Prom.	-	0	0	0		2:1					■	
• Vestíbulos																		
• General	E_h @ piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■			■
• Asientos	E_h y E_v @ 2' 6" en área de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Aduanas																		
• Puesto de control	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		2:1		■		■	
• Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Inspección	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
• Ascensores	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Escaleras mecánicas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte (continuación en la página siguiente)

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
TERMINALES DE AVIACIÓN	(continuación)										
Pantallas de información de vuelo	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Pantalla y teclado VDT											
• CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO										
• Polaridad positiva	Ev sobre la superficie de la pantalla						N	75	150	300	Prom.
• Polaridad negativa	Ev sobre la superficie de la pantalla						K	25	50	100	Prom.
• CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO										
• Polaridad positiva	Ev sobre la superficie de la pantalla						K	25	50	100	Prom.
• Polaridad negativa	Ev sobre la superficie de la pantalla						I	15	30	60	Prom.
• Patios de comidas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Áreas de embarque	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
Mostrador de agentes y facturación	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Acreditación de embarque	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Pasarela de embarque	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Asientos	E_h y Ev @ 2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Inmigración	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN/Aduanas										
• Mostradores de información	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Salas de espera	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Pasillos móviles _	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
• Recogida y entrega depasajeros											
•Control de equipaje en la acera	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Cubierto	Ver Recogida/desembarque de autobús y transbordador/Cubierto										
• Descubierto	Ver Recogida/desembarque de autobús y transbordador/Descubierto										
• Control de seguridad											
• Área de acreditación	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Control											
• Salas privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Públicas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Señalización	Ver Acentuación										
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse apropiada una iluminación localizada.										
• Actividad intensa [i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Emisión de boletos											
• Mostrador de agentes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Kioskos de servicios	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
MINORISTA	Ver 34 | ILUMINACIÓN PARA COMERCIOS MINORISTAS										

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 36.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 36.3 Criterios de iluminancia.

Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 36.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 36.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 36.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal: Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical: Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
TERMINALES DE AVIACIÓN	(continuación)																	
Pantallas de información de vuelo	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Pantalla y teclado VDT																		
· CSA/ISO Tipos I y II	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO																	
· Polaridad positiva	Ev sobre la superficie de la pantalla						N	75	150	300	Prom.		3:1		■	■	■	
· Polaridad negativa	Ev sobre la superficie de la pantalla						K	25	50	100	Prom.		3:1			■	■	
· CSA/ISO Tipo III	Consulte la Figura 12.16 / Calidades de Pantalla de Computadora CSA/ISO																	
· Polaridad positiva	Ev sobre la superficie de la pantalla						K	25	50	100	Prom.		2:1			■	■	
· Polaridad negativa	Ev sobre la superficie de la pantalla						I	15	30	60	Prom.		2:1			■	■	
• Patios de comidas	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Áreas de embarque	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
Mostrador de agentes y facturación	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Acreditación de embarque	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■		■	
• Pasarela de embarque	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Asientos	E_h Y Ev @ 2' 6" en áreas de asientos	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Inmigración	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN/Aduanas																	
• Mostradores de información	E_h @3' 6" AFF; E_v @5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Salas de espera	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Pasillos móviles	Ver 22 / ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES																	
• Recogida y entrega depasajeros																		
• Control de equipaje en la acera	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■		■	
• Cubierto	Ver Recogida/desembarque de autobús y transbordador/Cubierto																	
• Descubierto	Ver Recogida/desembarque de autobús y transbordador/Descubierto																	
• Control de seguridad																		
• Área de acreditación	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1		■			■
• Control																		
· Salas privadas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	Q	200	400	800	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
· Públicas	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		2:1		■		■	
• Señalización	Ver Acentuación																	
• Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse apropiada una iluminación localizada.																	
• Actividad intensa [i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Emisión de boletos																		
• Mostrador de agentes	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1		■		■	
• Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■			■
• Kioskos de servicios	E_h @3' AFF; E_v @4' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1		■	■	■	
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES																	
MINORISTA	Ver 34 | ILUMINACIÓN PARA COMERCIOS MINORISTAS																	

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte (continuación en la página siguiente)

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	f	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
BAÑOS																	
• Accesorios	E_h @ parte superior del accesorio de plomería; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■	■	
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■
• Casilleros	E_h @piso; E_v @cara de los casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■	■	
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■
• Lavabos	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■	■	
ESTACIONES DE TREN																	
• Recogida de equipaje	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																
Recogida y entrega de autobuses y Transbordadores	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																
• Vestíbulos	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																
• Embarque y desembarque	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse apropiada una iluminación localizada.																
• Umbral de plataforma/vagón	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■	■	
• Plataforma/Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■		■
• Control de seguridad	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																
• Señalización	See AVIATION TERMINALS/Accenting																
• Emisión de billetes	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																
REFUGIOS DE ESPERA	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN/Recogida/Descarga de Autobuses y Transbordador /Cubierto. Control con sensores de movimiento. k																

Notas para la Tabla 36.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 36.3 Criterios de iluminancia.
Véase 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Véase la Tabla 36.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en un proyecto determinado pueden ser
diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Véase 36.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia. Las tareas al aire libre se anotan de esta manera.

b. Los valores citados se deben mantener a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10 % de las recomendaciones del IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 36.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente de ello, los códigos, ordenanzas o mandatos pueden reemplazar cualquiera de los criterios IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

j. Consulte la Tabla 26.4 / Definiciones de Zonas de Iluminación Exterior Nocturna. Los objetivos de iluminancia nocturna están destinados a aplicarse durante las horas de funcionamiento oscuras en las que la iluminación se considera necesaria o deseable. En el toque de queda (definido por el cliente o la jurisdicción), si la iluminación aún se considera necesaria o deseable, reduzca la iluminación según se indique. Consulte la Tabla 26.5 | Límites de Iluminancia de Intrusión de Luz recomendados para conocer los límites de iluminancia de intrusión de luz recomendados.

k. Utilice un control de detección de movimiento para alternar la iluminación del estado encendido/apagado/atenuado al estado de toque de queda recomendado o del estado de toque de queda recomendado al estado previo al toque de queda según lo consideren necesario el diseñador y el cliente para satisfacer las necesidades funcionales. Utilice equipos de iluminación de encendido instantáneo.

Tabla 36.2 | Recomendaciones de Iluminancia para el Transporte

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d										Uniformidad de los Objetivos [e]					Área Típica de Cobertura [h]	
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical					Sobre el Área de Cobertura						
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades						
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
BAÑOS																		
• Accesorios	E_h @ parte superior del accesorio de plomería; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• General	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Casilleros	E_h @piso; E_v @cara de los casilleros	K	25	50	100	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■		■	
• Duchas	E_h @piso; E_v @3'-5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1		■			■
• Lavabos	E_h @3' AFF; E_v @3'-5' AFF	N	75	150	300	Prom.	O	100	200	400	Prom.		2:1		■		■	
ESTACIONES DE TREN																		
• Recogida de equipaje	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																	
Recogida y entrega de autobuses y Transbordadores	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																	
• Vestíbulos	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																	
• Embarque y desembarque	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse apropiada una iluminación localizada.																	
• Umbral de plataforma/vagón	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Plataforma/Colas	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1		■			■
• Control de seguridad	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																	
• Señalización	See AVIATION TERMINALS/Accenting																	
• Emisión de billetes	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN																	
REFUGIOS DE ESPERA	Ver TERMINALES DE AVIACIÓN/Recogida/Descarga de Autobuses y Transbordador /Cubierto. Control con sensores de movimiento. k																	



FIGURA 36.3 | ÁREAS DE RECOGIDA Y ENTREGA DE PASAJEROS EN AEROPUERTOS

Las áreas de recogida y entrega de pasajeros fuera de las terminales de transporte suelen estar cubiertas hasta la acera, lo que proporciona lugares de montaje para las luminarias. La iluminación debe permitir la interacción segura del tránsito peatonal y vehicular. Aquí, la luz difusa aborda las iluminancias horizontales y verticales.

» Imagen ©Mike Powell/Getty Images

Tabla 22.2 en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES describe una lista extensa de tipos de entrada y situaciones que dan recomendaciones para estas áreas donde se mezcla el tránsito vehicular y peatonal. Vea la Figura 36.3.

Estas áreas de recogida y descenso de autobuses y transbordadores (furgones de pasajeros) pueden estar descubiertas o cubiertas. Las áreas cubiertas se cubren ya sea como una extensión del edificio de la terminal, o por separado en el caso de las islas. Para tales áreas cubiertas donde se espera alguna conversación y reconocimiento pasajero y para una multitud más grande de personas, son apropiadas iluminancias algo más altas que aquellas para áreas de espera abiertas o descubiertas, como en los estacionamientos. Las áreas de espera cubiertas cerca de la acera por su naturaleza involucran una mezcla de tránsito vehicular y peatonal y en estas situaciones, son apropiadas iluminancias aún más altas.

36.2.4 VESTÍBULOS

Los vestíbulos son generalmente los espacios más grandes en los aeropuertos y brindan áreas de asientos para los viajeros que esperan vuelos. También suelen contener o estar conectados por pasillos móviles y fijos, y albergan no sólo áreas de puertas de embarque sino también áreas adyacentes de venta minorista y servicio de alimentos y, a menudo, áreas para exhibición temporal o permanente de arte.

La iluminación en áreas de espera y asientos debe facilitar la conversación, el reconocimiento facial y algunas tareas generalmente asociadas con las oficinas, como leer y trabajar con una computadora portátil. Como tal, la iluminación vertical es tan importante como la horizontal.

Si la arquitectura lo permite, la luz natural puede ser la principal fuente de iluminación en los vestíbulos, particularmente en áreas con cielorrasos altos. El control de los acabados de las superficies y el uso de alguna iluminación eléctrica complementaria pueden ser necesarios para equilibrar las luminancias en espacios grandes. Véanse las Figuras 36.4 y 36.5.

Véanse 34 | ILUMINACIÓN PARA VENTA MINORISTA, 21 | ILUMINACIÓN PARA ARTE y 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

36.2.5 ÁREAS DE PUERTAS DE EMBARQUE

Las áreas de puertas de embarque proporcionan áreas de espera y asientos para los viajeros que están a punto de abordar el avión y un mostrador de servicio para los agentes de la puerta de embarque. El trabajo en este mostrador implica no sólo tareas impresas, sino también trabajo con computadoras, verificación de documentos de identidad y reconocimiento facial. Por estos motivos, la iluminación en las áreas de embarque suele ser más alta que en otras áreas de un vestíbulo. Véase también 36.2.4 Vestíbulos

36.2.6 PANTALLAS DE INFORMACIÓN DE VUELO

Las pantallas de información de vuelo son un componente crítico del sistema que proporciona información sobre el estado del vuelo a los pasajeros. Por lo general, se montan a la altura de la cabeza o por encima de ella, inclinadas hacia abajo, en grandes áreas abiertas para permitir el acceso de un gran número de viajeros, y están autoiluminadas. Deben ser visibles desde una amplia gama de posiciones y ángulos de visualización, y se debe tener cuidado para evitar reflejos veladores. El diseñador debe conocer el tipo de VDT que se utilizan, dónde se montan y su orientación. La iluminación eléctrica y la luz natural no deben generar reflejos veladores, y las superficies en el campo de visión de los pasajeros que rodean inmediatamente a los VDT no deben producir altas relaciones de luminancia con ellos.

36.2.6 RECOGIDA Y DESCENSO DE PASAJEROS

Véase 36.2.3 Recogida y descenso de autobuses y transbordadores.

Cuadro **36.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

36.2.7 SEGURIDAD

La seguridad en la mayoría de los aeropuertos del mundo incluye actualmente el control de los pasajeros, que incluye la comprobación de la identidad y de los documentos, la inspección por rayos X del equipaje y la observación visual de todos los pasajeros que entran en las zonas seguras del aeropuerto. Los puestos de control de documentos deben permitir la lectura de texto impreso tanto en orientación horizontal como vertical. El oficial de seguridad debe garantizar el reconocimiento facial de los pasajeros mediante una iluminación vertical suficiente y la reproducción de los rostros de los pasajeros que se encuentran en el puesto de control de documentos. Véase la Figura 36.5



FIGURA 36.4 | PASILLOS DE VESTÍBULO

Los pasillos fijos y móviles trasladan a los pasajeros entre las puertas y los vestíbulos. La iluminación natural y eléctrica integradas pueden proporcionar la iluminación general necesaria. Es posible que se necesiten vidrios sinterizados, persianas y mamparas para controlar la luz solar directa. Las áreas de venta minorista y de servicio de alimentos pueden necesitar iluminación adicional para resaltar su posición a través de los pasillos largos.

» Imagen ©Mark E. Gibson/CORBIS

36.2.8 BOLETOS

Los mostradores de boletos de los aeropuertos y las estaciones de autobús y tren presentan una amplia gama de tareas visuales que deben realizarse de forma eficiente y rápida. Estas incluyen:

- Control de identidad y documentos
- Lectura de VDT y trabajo con el teclado
- Impresión y lectura de tarjetas de recogida de equipaje
- Reconocimiento facial

Los quioscos de facturación de autoservicio están situados cerca de los mostradores de boletos y adyacentes a las estaciones de facturación de equipaje. Estos quioscos presentan tareas de VDT que deben verse desde una amplia gama de ángulos de visión y están sujetos a reflejos veladores. Dado que los planos de tarea son muchos y variados, la iluminación de los mostradores de boletos debe provenir de múltiples direcciones. Véase la Figura 36.6.

36.2.9 REFUGIOS DE ESPERA

Los refugios de espera son populares a lo largo de las rutas de transporte público. La iluminación que responde a fotocélulas y sensores de movimiento minimiza el uso de energía al tiempo que garantiza la disponibilidad de luz eléctrica cuando estas instalaciones están ocupadas.

36.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se aplican plenamente, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un único valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios temas delineados en la Tabla 36.2.



FIGURA 36.5 | PUESTO DE CONTROL DE DOCUMENTOS

En los puestos de control de documentos de seguridad se requiere iluminación general y multidireccional para proporcionar suficiente iluminación horizontal y vertical.

» Imagen ©Joshua Sudock/ZUMA Press/Corbis

36.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de aquellas identificadas en la Tabla 36.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es apropiado hacer referencias cruzadas de aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para tipos de espacios o funciones cambian para ajustarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser necesario revisar la lista en la Tabla 36.2 para determinar si alguna aplicación o tarea exhibe un componente visual similar a las aplicaciones o tareas únicas. De lo contrario, es necesario revisar 4.12 Un sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las aplicaciones o tareas únicas. Estos ejercicios, así como cualquier desviación de las recomendaciones que el diseñador pretende hacer, deben documentarse cuidadosamente para el registro.

36.3.2 NOTAS

Las notas en la Tabla 36.2 pueden hacer referencia a otros encabezados de tareas en la tabla o a otros capítulos del manual según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

36.3.3 Objetivos De Iluminancia Mantenidos Recomendados

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de tarea y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y los otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz.

Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas anticipadas hasta el momento en que se debe realizar el cambio de lámparas y la limpieza del grupo. El cambio de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar y, a los efectos de la sostenibilidad, ya no se puede suponer que sean poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. Aumentar las iluminancias iniciales es una mala práctica y no se recomienda. Los procedimientos de mantenimiento pueden ser especialmente problemáticos con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación de lúmenes de la lámpara (LLD) en esa vida útil nominal es del 70 % o quizás incluso tan baja como el 50 % de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces la LLD por sí sola debe ser de 0,7 o 0,5 o cualquier calificación de lúmenes que certifique el proveedor del LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de Lúmenes.

Los objetivos citados son de consenso y se recomiendan para la respectiva actividad funcional. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 36.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe

ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.





FIGURA 36.6 | MOSTRADOR DE BOLETOS Y QUIOSCO DE SERVICIOS

Las diversas tareas que se realizan en los mostradores de boletos y de atención al cliente (fotos de arriba) suelen requerir iluminación adicional a la que se proporciona en el vestíbulo. Las paredes detrás de los mostradores son oportunidades para aplicar un baño de luz, resaltando el área y proporcionando iluminación vertical adicional en las caras de los pasajeros. Los quioscos de autoservicio de boletos y facturación de equipaje (arriba derecha) pueden estar sujetos a reflejos que los enmascaran.

» Imagen izquierda © DreamPictures/Blend Images/Corbis

» Imagen derecha ©RICK WILKING/Reuters/Corbis

Los objetivos citados son de consenso y recomendados para la respectiva actividad funcional. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 36.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. No obstante, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano dominante de la tarea, típicamente, pero no siempre, horizontal o vertical.

En algunas situaciones, los criterios de iluminancia se citan para un plano, como el plano vertical para iluminar pizarrones blancos, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es

importante y puede ser una consecuencia de la iluminancia de otras tareas dentro de la vecindad o por cualquier iluminancia que resulte de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.

En algunas situaciones, no se anticipa luz en al menos un plano de una tarea. Un 0 indica que no hay luz o se recomienda luz cero para la tarea o aplicación.

36.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y el objetivo de iluminancia se debe determinar en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo planar típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente. Por ejemplo, si la verificación de documentos e identidad en un puesto de seguridad implica la sujeción de documentos en posición vertical, entonces el objetivo de iluminancia citado en la Tabla 36.2 (SEGURIDAD/Puesto de Verificación de Identidad/Lectura de Identidad), que es para una orientación horizontal dominante, debe aplicarse al plano vertical a la altura de los ojos por encima del puesto de verificación.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (Eh) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad en la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. Cuando los objetivos de iluminancia están previstos en diferentes elevaciones planas, esto se indica en “Notas”.

Tenga en cuenta la implicación para las edades visuales de los observadores. Es necesario establecer y rastrear las orientaciones de las tareas y abordar la iluminancia horizontal y vertical. Si las orientaciones en el proyecto en consideración están programadas para invertirse con respecto a lo que podría considerarse una visión normal, entonces los criterios deben ajustarse en consecuencia. Si una tarea está programada para orientarse en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces los criterios de iluminancia deben aplicarse a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación y para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas”. Sin embargo, el diseñador puede optar por utilizar planos verticales alternativos o múltiples. En algunas situaciones, los planos verticales podrían estar orientados en varias direcciones y el diseñador debe determinar cuáles son las más apropiadas para la situación.

36.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. Este aspecto debe resolverse durante la programación con el cliente. Puede determinarse que los criterios de iluminancia para un grupo de edad distinto del que representa a la mayoría de los observadores previstos son apropiados. Sin embargo, esto puede dar como resultado iluminación excesiva, iluminación insuficiente, iluminación intensa, desagrado visual o incomodidad visual para muchos de los observadores. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales. En algunas situaciones, como las videoconferencias, la iluminación debe cumplir con los requisitos de la tecnología de la cámara y, por lo tanto, no está vinculada a las edades de los observadores.

36.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras de la A a la Y. Estas se muestran en la tabla para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia Recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

36.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los indicadores presuponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y que se supervisan de cerca los criterios de uniformidad. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita “Prom”. En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el indicador de cumplimiento es “Mín” o “Máx”, respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento de los objetivos, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande. En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto. Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

36.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de la superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar la incomodidad visual, el deslumbramiento y la tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (Eh). En algunas situaciones, en particular aquellas con respecto a iluminancias exteriores, se citan dos valores de uniformidad. El primer valor se refiere a la aplicación o tarea principal citada. El valor entre paréntesis hace referencia a la aplicación o tarea entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente sea la tarea visual, más ajustada será la relación.

36.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles incluso a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

36.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de

las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.

36.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde demasiada variación en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de desempeño o seguridad.

36.3.5 MEJORA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que se aborden adecuadamente todos los aspectos de la iluminación natural. Un icono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones en las que la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sostenibilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas. Para aplicaciones al aire libre, las lámparas y los balastos, los transformadores y los controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías.

36.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como las computadoras con pantallas CSA/ISO Tipo III o las tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambas, son propensas a las reflexiones de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a las reflexiones de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": el blanco y negro indica una alta probabilidad; el gris y el blanco indican una probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Las reflexiones de velo se minimizan controlando la cantidad y la dirección generales de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a las reflexiones de velo se pueden filtrar o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de iluminación eléctrica indirecta suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o el posicionamiento de tareas y luminarias y patrones de luminancia para evitar reflexiones duras de las tareas. Abordar las recomendaciones de luminancia (consulte la Tabla 12.4 | Luminancia Predeterminada y Recomendaciones de Intensidad de la Luminaria para Aplicaciones de Terminales de Visualización (VDT) para minimizar los reflejos de velo. Si se cambia la tarea, se reducirán o eliminarán los reflejos que producen velo, como el uso de pantallas de ordenador CSA/ISO Tipo I o II y papel mate en lugar de sus homólogos especulares.

36.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “tarea propiamente dicha o área de tarea”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tarea.

Otra área de cobertura es “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o un área de tamaño bastante sustancial que representa la zona en la que se espera que ocurran las aplicaciones y tareas. El

área designada generalmente se establece mediante la disposición de los muebles, por ejemplo, o puede establecerse por el equipo de diseño o el cliente. Las citas de área de cobertura en la Tabla 36.2 se basan en nociones tradicionales. Por ejemplo, se puede determinar que una cobertura de “tarea propiamente dicha o área de tarea” resultaría en cierta cantidad de reducción de LPD en comparación con la cobertura de “sala o área designada”. Si la tarea se puede limitar a un área en lugar de a múltiples áreas, si la sala o área en la que se ubica la tarea es relativamente pequeña, como una oficina con un solo ocupante, y si se abordan los demás objetivos y criterios de diseño descritos en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, entonces esta estrategia de redefinir el área de cobertura tiene mérito.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.

36.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para las instalaciones de transporte y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Es posible que las estrategias de selección y ubicación de los equipos deban abordar la posibilidad de un uso inadecuado de los equipos de iluminación. Para aplicaciones en exteriores, las lámparas y los balastos, los transformadores y los controladores deben seleccionarse para las condiciones de temperatura ambiente, algunas de las cuales son extremadamente calientes y otras extremadamente frías. La respuesta de atenuación a la luz del día puede resultar poco práctica. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave de diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la comodidad y conveniencia de los viajeros que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de cielorrasos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción, mantenimiento y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y de salida

• utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos, de abuso y de luminancia

• utilizar acentos para proporcionar un equilibrio de luminancia

• utilizar controles de forma liberal, preferiblemente variedades automatizadas como ajustes preestablecidos, sensores de ocupación y desocupación, relojes de tiempo astronómicos y fotocélulas

• establecer los criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan únicamente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales al aire libre

• usar cálculos, representaciones fotométricamente realistas y muestras y maquetas operativas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para la iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sostenibilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la posterior disposición por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

El diseño para la comodidad y conveniencia de los viajeros es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si no se cumplen las expectativas de los trabajadores, entonces es discutible cuánta energía se podría ahorrar, así como cuántos recursos terrestres menos se ahorraron, cuánto costó todo el asunto o cuánto valor se ahorró la ingeniería o las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas por parte de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración de presupuestos debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en las etapas de diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS DE ECONOMÍA DE IESH/10E

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre estimación de costos

• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE IESH/10e

> 17.2 Nueva construcción

• para obtener más información sobre diseño para iluminación natural

• para obtener más información sobre equipos de iluminación eléctrica

• para obtener más información sobre controles de iluminación

> 17.4 Códigos, regulaciones y estándares de iluminación

• para obtener más información sobre estándares de aplicación

• para obtener más información sobre regulaciones de equipos

RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE IESH/10e

> 12.5.5.6 Iluminancias exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre eficacias de lámparas bajo adaptación mesópica

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para obtener más información sobre criterios

RECURSOS DE SOSTENIBILIDAD IESH/10e

> 13.11 Sostenibilidad

• para más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para más información sobre controles

• para más información sobre recursos de la tierra

• para más información sobre energía

• para más información sobre análisis de ciclo de vida

• para más información sobre diseño de iluminación

• para más información sobre reciclaje

36.5 REFERENCIAS

[1] Mark S. Rea, ed. The IESNA Lighting Handbook: Reference and Application, Ninth Edition (New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000)


©Craig Aurness/Corbis

37 / ILUMINACIÓN PARA CULTO

El verdadero viaje de descubrimiento no consiste en buscar nuevos paisajes, sino en tener nuevos ojos. Marcel Proust Novelista francés del siglo XX

CONTENIDO

El culto es una actividad intensamente personal que puede o no involucrar a una comunidad de participantes. La iluminación debe reconocer y realzar este acto profundamente personal, independientemente del entorno o la cantidad de participantes. Los elementos focales desempeñan un papel significativo, si no profundo, en el desarrollo de una escena visual propicia para la ceremonia o el estado meditativo o ambos. Ya sean estos elementos focales iconos relacionados con una ceremonia de culto en particular o elementos visualmente llamativos que evocan la introspección y la contemplación etérea, su iluminación debe crear una atención dramática o un fondo relajante. Las tareas que implican lectura, reconocimiento o interacción requieren cantidades adecuadas de luz. Las soluciones de iluminación adecuadas abordarán las necesidades de los ocupantes dentro del contexto de la arquitectura y no nociones preconcebidas de equipo y arquitectura de iluminación de culto. La iluminación eléctrica representa aproximadamente el 28% de la electricidad utilizada en las instalaciones de culto (ver Figura 37.1) [1] A continuación, se presenta un análisis de los aspectos clave que afectan a la iluminación para las personas en entornos de culto: estado del proyecto; tipos de espacio; actividades; objetivos de diseño específicos de la aplicación y criterios de iluminancia.

Los esfuerzos de diseño integrales también deben basarse en el material de 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN, 13 | FUENTES DE LUZ: CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN, 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. El diseñador debe tener un conocimiento profundo de los principios de diseño delineados en esos capítulos, debe identificar aquellos que se consideren apropiados y desarrollar objetivos y estrategias de iluminación en consecuencia. Este capítulo aborda principalmente los aspectos específicos relacionados con la

iluminación para el culto que deben influir en las selecciones ópticas de las luminarias, las lámparas y los diseños finales basados en ideas iniciales desarrolladas previamente (consulte 15.2 Un Esquema de Iluminación). El uso del material de este capítulo con exclusión del material de los Capítulos 12, 13, 14 y 15 probablemente conducirá a resultados insatisfactorios. La documentación anterior relacionada con IES sirve como fuente de archivo y referencia [2]. Se debe pensar deliberadamente en los detalles más allá de las citas de este capítulo. Por ejemplo, en catedrales monumentales con acceso sin supervisión, los controles automatizados que responden a la ocupación son fundamentales para minimizar el uso de energía y maximizar la vida útil del sistema en servicio. Consulte 16.3.4 Sensores de Ocupación/Vacante. Los desafíos incluyen determinar las áreas de cobertura y el equipo apropiado para la escala de los espacios involucrados. Dichos detalles específicos no se enumeran para todas las aplicaciones y tareas. La Tabla 37.1 ofrece una lista de verificación de temas y criterios de iluminación IES. El equipo de diseño es responsable de determinar y abordar los criterios de energía e iluminación interior y exterior establecidos por las autoridades competentes (AHJ) que pueden ser diferentes y reemplazar los criterios IES. Consulte también 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN.

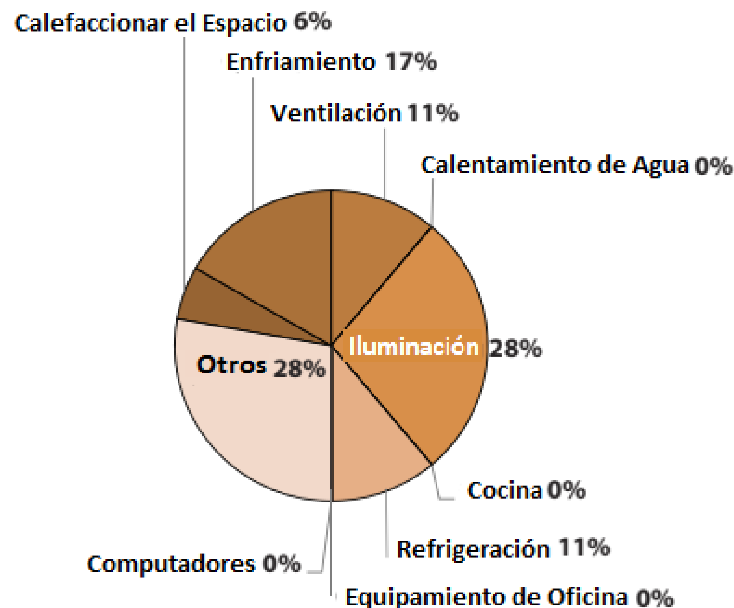


FIGURA 37.1 | USO DE ELECTRICIDAD EN LOS CULTOS

Según datos de 2003 de la Administración de Información sobre Energía del Departamento de Energía de los Estados Unidos, la iluminación representa el 28% del uso de electricidad en los edificios de culto (el uso de electricidad para computadoras, cocina, equipos de oficina y calentadores de agua se acerca al 0%). Los edificios de culto en sí mismos representan aproximadamente el 2% del uso de electricidad de todos los edificios comerciales e institucionales.

37.1 TIPO Y ESTADO DEL PROYECTO

Es necesario comprender el tipo y el alcance del proyecto antes de comenzar cualquier trabajo de diseño. Los proyectos nuevos, de renovación y de restauración ofrecen distintas oportunidades. Consulte 11.2 Planificación, 11.3.1 Prediseño y 11.3.2 Diseño Esquemático. Una comprensión clara del tipo y el alcance del proyecto ayudan a establecer hasta qué punto la iluminación natural abordará la mayoría, muchos o algunos de los objetivos de iluminación. En cada oportunidad, la

iluminación natural debe considerarse como una fuente de luz. La luz moteada y coloreada a través de vidrieras es una aplicación probada y verdadera de la iluminación natural para el culto. Sin embargo, esto generalmente produce iluminancias relativamente bajas que sólo son apropiadas para ciertos aspectos de las ceremonias de culto en el sentido tradicional. Se han hecho intentos para introducir la captación de luz natural en el entorno del culto. Si la captación de luz natural no se diseña cuidadosamente, se produce un deslumbramiento incómodo y, a veces, un deslumbramiento discapacitado. La iluminación natural requiere atención para abordar el deslumbramiento y administrar la energía visible y térmica. Fundamentalmente, esto significa abordar la serie de factores de diseño de iluminación identificados en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y en 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL.

Tabla 37.1 | Lista de Verificación de Iluminación para el Culto

Tópicos
✔ CRITERIO Y RECURSOS DE DISEÑO
Acentuación
15.1.1.3 Iluminación de Acento
Cuadro 12.2 | Impresiones Subjetivas
Cuadro 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento
Cuadro 22.2 | Aplicaciones Comunes Recomendaciones de Iluminancia
Apariencia
12.2 Factores Espaciales
Color
12.5.6 Consideraciones de Color
Controles
16 | CONTROLES DE ILUMINACIÓN
Luz Diurna
14 | DISEÑO CON LUZ DIURNA
Luz Eléctrica
15 | DISEÑO CON ILUMINACIÓN ELÉCTRICA
Parpadeo
4.6 Parpadeo y Sensibilidad de Contraste Temporal
Deslumbramiento
4.10.1 Deslumbramiento Incómodo
4.10.2 Deslumbramiento Incapacitante
Iluminancia
Este Capítulo: Cuadro 37.2
12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas
Cuadro 12.6 | Recomendaciones de la Relación de Iluminancia Predeterminada
Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas
Distribución Luminosa
12.3.2 Impresiones Subjetivas
Luminancias
12.5.2 Luminancia
Cuadro 12.5 | Recomendaciones de la Relación de Luminancia Predeterminada
Mantenimiento
15.4.4 Instalación y Mantenimiento
Integración de Sistemas
12.6 Factores de Sistemas
Reflexiones tipo Velo
Este Capítulo: Sección 37.3.6
12.5.4 Relexiones tipo Velo
Tareas Visuales
Este Capítulo: Sección 37.2
Este Capítulo: Cuadro 37.2
11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos
12.5.1 Tareas Visuales
Cuadro 12.3 /Ejemplo de Encuesta de Tareas Visuales

37.2 Tipos de APLICACIÓN

Para desarrollar soluciones de iluminación que cumplan con los criterios de calidad, cantidad y funcionamiento, se realiza un inventario de los tipos de espacios de culto que se están considerando y los ocupantes, funciones y tareas previstos

(consulte la Tabla 11.2 | Programación: Alcance del Inventario y Ejemplos Específicos y la Tabla 12.3 | Ejemplo de Encuesta Visual de Tareas). De lo contrario, la iluminación no se puede orientar mejor a los usuarios, sus expectativas, funciones y tareas.

Las definiciones de los tipos de espacios se requieren al principio del diseño del proyecto para realizar un seguimiento de los esfuerzos de diseño que incluyen el inventario de los elementos conocidos del proyecto, las funciones y tareas previstas y el cálculo de la iluminación, la potencia y el cumplimiento de la energía. Los nombres de las salas y las áreas de celebración o litúrgicas, de las que se pueden deducir las funciones, y los números para el seguimiento deben estar claramente marcados en los fondos arquitectónicos. Las aplicaciones y tareas citadas en la Tabla 37.2 / Recomendaciones de Iluminancia de las Instalaciones de Culto deben revisarse en relación con los elementos conocidos del proyecto y correlacionarse con los tipos de espacios y funciones nombrados para establecer los criterios de iluminancia recomendados. Busque aclaración con el cliente cuando ocurran discrepancias entre la información de programación, la lista de nombres de las salas y las citas de aplicaciones y tareas disponibles en la Tabla 37.2.

Algunas instalaciones de culto son centros culturales o de actividades relativamente diversas con la necesidad de acomodar funciones distintas al culto convencional en el espacio de culto principal. Estas otras actividades deben describirse en el programa o pueden volverse obvias durante una encuesta de tareas, pero pueden incluir cenas comunitarias, socialización y aprendizaje en forma de grupos de oración y estudio, conferencias, presentaciones musicales y parodias, y reseñas de películas y libros. Para acomodar estas actividades adicionales, será necesaria una iluminación diferente a la necesaria para lograr los objetivos del culto junto con controles que ofrezcan un mayor rango de flexibilidad. Algunos criterios relacionados con la iluminación de desempeño se citan en FORMA CONTEMPORÁNEA/Ejecución en la Tabla 37.2. El diseñador debe hacer referencia a otros capítulos de aplicación para obtener más orientación y criterios de iluminancia según las tareas adicionales involucradas. Esto puede incluir referencias a 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES, 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN, y 28 | ILUMINACIÓN PARA HOSTELERÍA Y ENTRETENIMIENTO.

Las aplicaciones de adoración son bastante personales. El cliente puede ser un líder religioso, un comité de fieles o ambos. Es posible que los criterios citados aquí no se alineen con las aplicaciones y funciones programadas o con los deseos expresados por el cliente, que pueden ir desde "Quiero que sea misterioso" hasta "Quiero que mis feligreses puedan leer el himnario". El diseñador debe ser un intérprete y evaluar qué criterios de iluminación son apropiados para satisfacer las necesidades en el contexto de la arquitectura y el esquema de acabado de un proyecto específico y los criterios de iluminación priorizados que se analizan en 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN. Puede ser necesario revisar la Tabla 4.1 | Iluminancias Objetivo Recomendadas para establecer criterios adecuados a las particularidades del cliente. La acentuación ayuda en gran medida a las percepciones de brillo. El contraste oscuro y alto ayuda a crear una sensación de misterio. Las revisiones de diseño, incluidas las implicaciones de los criterios, y la resolución y el acuerdo de diseño entre el diseñador y el cliente son importantes.

Las siguientes secciones están relacionadas con los principales encabezados de aplicación y tarea de la Tabla 37.2. Estas discusiones, las destacadas en la Tabla 37.1 y el material de la Tabla 37.2 ofrecen criterios cualitativos y cuantitativos integrales.

37.2.1 ACENTUACIÓN

La acentuación afecta la percepción de brillo de las personas y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para la atracción visual y la orientación. Los criterios de iluminación de acento predeterminados se analizan en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Consulte también 15.1.1.3 Iluminación de Acento.

37.2.2 ADMINISTRACIÓN

La iluminación para áreas administrativas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. El esquema arquitectónico e incluso los detalles de las tareas pueden variar según el centro de culto asociado y su tamaño y programas de extensión, si los hay. Estas distinciones pueden afectar el diseño de iluminación, desde los tipos de efectos de iluminación hasta el estilo del equipo de iluminación y las luminancias e iluminancias. Las áreas administrativas pueden estar dispersas por todo un centro de culto o complejo o pueden estar centralizadas en una sola área, ala o edificio. Dependiendo de los deseos del cliente y los deseos arquitectónicos, esta centralización o descentralización puede afectar el grado en que el diseño de iluminación en las áreas administrativas es compatible o diferente del de las otras aplicaciones y tareas en el centro de culto en cuestión.

37.2.3 ENTRADAS A EDIFICIOS

La iluminación para las entradas a edificios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Para las entradas a edificios de instalaciones de culto, dos variables distintas son el tiempo y la duración de la necesidad. Otras variables que exigen atención antes de recomendar criterios de iluminación incluyen los niveles previstos de actividad y la zona de iluminación exterior nocturna.

Los niveles de actividad nocturna pueden variar según el tipo de instalación de culto y la extensión y el tipo de programas de extensión. El culto puede ser principalmente una actividad diurna, una actividad nocturna o ambas y puede fluctuar estacionalmente. Los programas de extensión pueden incluir centros de actividades comunitarias, comedores populares, escuelas bíblicas y actividades de recaudación de fondos, por nombrar algunos. Todo esto puede exigir un sistema de control capaz de abordar varias configuraciones en varias noches a través de intervención manual, reloj de tiempo automatizado y funciones de fotocélula. La zona de iluminación exterior nocturna dentro de la cual se encuentra la instalación establece las categorías de iluminación para tareas al aire libre.

Las zonas de iluminación exterior nocturna varían según la ordenanza local, las guías de sostenibilidad o la propia definición de lugar del equipo. Las necesidades de seguridad fuera del horario laboral, como la supervisión o grabación remota o en el lugar, pueden requerir que algunas luminarias en las entradas del edificio permanezcan encendidas durante la noche o se coloquen en sensores de movimiento o se interconecten con las operaciones de la cámara. Las zonas de control y las funciones del reloj de control deben diseñarse en consecuencia. Cuando la supervisión remota se realiza con cámaras infrarrojas, la iluminación puede resultar innecesaria.

37.2.4 AULAS

La iluminación de las aulas se analiza en 24 | ILUMINACIÓN PARA LA EDUCACIÓN. Una iluminación y unos controles relativamente sencillos pueden ser apropiados para las clases de educación religiosa que se imparten una vez a la semana y duran aproximadamente una hora y en las que no se utilizan presentaciones con múltiples tecnologías con frecuencia, si es que se utilizan. Sin embargo, cuando las instalaciones de culto incluyen una educación basada en la fe, la iluminación debe abordar las demandas de una pedagogía, un cronograma formal, pruebas y un plan de estudios, incluidas varias tecnologías de presentación.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
			Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical			
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.										
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
AULAS	Ver 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN										
FORMA CONTEMPORÁNEA	Ambiente contemporáneo o culto exuberante										
• AV											
• Congregación											
• Presentación destacada	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.
• Participativa	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.										
• Presentación destacada								10	10	10	Max
• Participativa								50	50	50	Max
•Coro	Consulte FORMA CONTEMPORÁNEA/Áreas focales reverentes/Acabados de superficie focal de alta reflectancia/Área focal secundaria										
•Congregación	Nave, sala de oración										
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
Ceremonia en el templo principal	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
• Típica	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. = 0.3 veces Eh de la actividad litúrgica, pero con un mínimo ≥10 lx					Prom. = 0.3 veces Ev de la actividad litúrgica				
• Meditación colectiva	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Acción participativa	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Meditación personal	E_h @piso; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Pre/Post Adoración	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
•Música	Consulte FORMA CONTEMPORÁNEA/Áreas focales reverentes/Acabados de superficie focal de alta reflectancia/Área focal secundaria										
•Nártex (parte de la arquitectura)											
• Día											
• Durante el culto		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pre/Post Adoración		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.
• Noche		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Áreas focales reverentes	Iluminancia sobre superficies de interés focal, incluidos los celebrantes durante la respectiva actividad litúrgica										
• Áreas focales de alta reflectancia	Para áreas focales con acabados superficiales ≥ 50% durante la respectiva actividad litúrgica.										
• Áreas focales primarias	E_h y E_v @respectivos planos relevantes en el área focal										
• Meditación colectiva		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Ceremonia en el templo principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Acción participativa		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Pre/Post Adoración		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Sermón		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
2:1						
2:1						
	5:1/3:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					

Notas para la Tabla 37.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 37.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Consulte la Tabla 37.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 37.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos y ordenanzas pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min
ACENTUACIÓN	La acentuación influye en la percepción general del brillo de los observadores y proporciona alivio visual. La acentuación también se utiliza para atraer la atención visual y orientar. Consulte 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES/ACENTUACIÓN para conocer los criterios de acentuación predeterminados que se deben tener en cuenta en cualquier aplicación.													
ADMINISTRACIÓN	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
ENTRADA A EDIFICIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES													
AULAS	Ver 24 | ILUMINACIÓN PARA EDUCACIÓN													
FORMA CONTEMPORÁNEA	Ambiente contemporáneo o culto exuberante													
• AV														
• Congregación														
• Presentación destacada	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	F	5	10	20	Prom.	D	3	6	12	Prom.		3:1	
• Participativa	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Pantalla (proyección frontal)	Los valores citados son para el plano de la pantalla cuando la pantalla está en uso.													
• Presentación destacada								10	10	10	Max	2:1		
• Participativa								50	50	50	Max	2:1		
• Coro	Consulte FORMA CONTEMPORÁNEA/Áreas focales reverentes/Acabados de superficie focal de alta reflectancia/Área focal secundaria													
• Congregación	Nave, sala de oración													
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.													
Ceremonia en el templo principal	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.		5:1/3:1	
• Típica	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. = 0.3veces Eh de la actividad litúrgica, pero con un mínimo ≥10 lx					Prom. = 0.3 veces Ev de la actividad litúrgica						5:1/3:1	
• Meditación colectiva	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Acción participativa	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1	
• Meditación personal	E_h @piso; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.		3:1	
• Pre/Post Adoración	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	N	75	150	300	Prom.		3:1	
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1	
• Música	Consulte FORMA CONTEMPORÁNEA/Áreas focales reverentes/Acabados de superficie focal de alta reflectancia/Área focal secundaria													
• Nártex (parte de la arquitectura)														
• Día														
• Durante el culto		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Pre/Post Adoración		N	75	150	300	Prom.	L	37.5	75	150	Prom.		3:1	
• Noche		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1	
• Áreas focales reverentes	Iluminancia sobre superficies de interés focal, incluidos los celebrantes durante la respectiva actividad litúrgica													
• Áreas focales de alta reflectancia	Para áreas focales con acabados superficiales ≥ 50% durante la respectiva actividad litúrgica.													
• Áreas focales primarias	E_h y E_v @respectivos planos relevantes en el área focal													
• Meditación colectiva		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1	
Ceremonia en el templo principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1	
• Acción participativa		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1	
• Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1	
• Pre/Post Adoración		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1	
• Sermón		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1	

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FORMA CONTEMPORÁNEA	(Áreas Focales Reverentes continuación)										
· Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.										
· Meditación colectiva		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Ceremonia en la nave principal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Acción participativa		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Meditación personal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Pre/Post adoración		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Sermón		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Áreas focales de baja reflectancia	Para áreas focales con acabados superficiales <50% durante la respectiva actividad litúrgica.										
· Áreas focales primarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales.										
· Meditación colectiva		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
Ceremonia en la nave principal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Acción participativa		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Meditación personal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Pre/Post adoración		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Sermón		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.
· Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.										
· Meditación colectiva		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Acción participativa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Pre/Post adoración		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Sermón		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
•Actuación											
• Casa	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
· Durante el evento			2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
· Pre/Post evento		L	37.5	75	150	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Escenario											
·Rampas de acceso/escaleras	Ver AUDITORÍA/Circulación										
· Producciones amateurs											
· Danza (actuación)	E_h @piso; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Demostración		T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Música		P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Teatro	Sencillo, sin señales de iluminación en el escenario	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
· Producciones profesionales	Iluminación del escenario según lo determine el equipo de producción; consulte IES DG-20 / Iluminación del Escenario: **una guía para la planificación de teatros y auditorios** para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica.										
• Sacristía	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										
VÍAS PEATONALES	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES										

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	1.5:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	4:1					

Notas para la Tabla 37.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 37.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Consulte la Tabla 37.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 37.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos y ordenanzas pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1[a] relación E_h/2[a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom.:Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FORMA CONTEMPORÁNEA	(Áreas Focales Reverentes continuación)															
· Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.															
· Meditación colectiva		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	4:1	■		■	
Ceremonia en la nave principal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	4:1	■		■	
· Acción participativa		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■	■	■	
· Meditación personal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.	4:1	■		■	
· Pre/Post adoración		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■		■	
· Sermón		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	4:1	■	■	■	
Áreas focales de baja reflectancia	Para áreas focales con acabados superficiales <50% durante la respectiva actividad litúrgica.															
· Áreas focales primarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales.															
· Meditación colectiva		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.	4:1	■		■	
Ceremonia en la nave principal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.	4:1	■		■	
· Acción participativa		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.	4:1	■	■	■	
· Meditación personal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.	4:1	■		■	
· Pre/Post adoración		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.	4:1	■		■	
· Sermón		U	750	1500	3000	Prom.	U	750	1500	3000	Prom.	4:1	■	■	■	
· Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.															
· Meditación colectiva		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■		■	
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	4:1	■		■	
· Acción participativa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.	4:1	■	■	■	
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	4:1	■		■	
· Pre/Post adoración		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.	4:1	■		■	
· Sermón		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■	■	■	
•Actuación																
· Casa	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.															
· Durante el evento			2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.	5:1/3:1				■
· Pre/Post evento		L	37.5	75	150	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
· Escenario																
·Rampas de acceso/escaleras	Ver AUDITORÍA/Circulación															
· Producciones amateurs																
· Danza (actuación)	E_h @piso;E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	1.5:1			■	
· Demostración		T	500	1000	2000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	3:1			■	
· Música		P	150	300	600	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	2:1			■	
· Teatro	**Sencillo, sin señales de iluminación en el escenario**	P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.	2:1			■	
· Producciones profesionales	Iluminación del escenario según lo determine el equipo de producción; consulte IES DG-20 / Iluminación del Escenario: **una guía para la planificación de teatros y auditorios** para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica.															
• Sacristía	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	4:1	■			■
SERVICIO DE COMIDA	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
ESTACIONAMIENTO	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															
VÍAS PEATONALES	Ver 26 / ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES															

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

		Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
			Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene			
Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE APOYO											
Guardarropas o salas guardarropas	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Salas de fotocopias e impresión											
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Máquinas	E_h y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Armario del conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/envío											
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Recepción/preparación	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Almacenamiento											
• Comida	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES / Servicio de Comida										
• Uso frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Uso poco frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
BAÑOS/VESTUARIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES										
FORMA TRADICIONAL	Ambiente tradicional o culto formal										
•Coro	Ver FORMA TRADICIONAL/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de alta Reflectancia/Área Focal secundaria										
•Congregación	Nave, Sala de Oración										
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
Ceremonia en la nave principal	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
· Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. = 0.3 veces Eh de la actividad litúrgica, pero con un mínimo ≥10 lx					Prom. = 0.3 veces Ev de la actividad litúrgica				
• Meditación colectiva	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
• Acción participativa	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Meditación personal	E_h @piso; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Antes y después del culto	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.
•Música	Ver FORMA TRADICIONAL/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de alta Reflectancia/Área Focal secundaria										
•Nártex											
• Día											
· Durante el culto		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Antes y después del culto		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Áreas focales reverentes	Iluminancia sobre superficie o superficies de interés focal, incluidos los celebrantes durante la respectiva actividad litúrgica										
Áreas focales de alta reflectancia	Para áreas focales con acabados de superficie ≥50% durante la respectiva actividad litúrgica.										
Áreas de enfoque principales	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales.										
· Meditación colectiva		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Acción participativa		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Antes y después del culto		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
· Sermón		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	3:1					
	3:1					
	5:1/3:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					

Notas para la Tabla 37.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 37.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Consulte la Tabla 37.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 37.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos y ordenanzas pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom. Prom. :Min Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]: Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE APOYO																
Guardarropas o salas guardarropas	E_h @3' 0"; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	■			■
Salas de fotocopias e impresión																
• General	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Máquinas	E_h Y E_v @3' 6" AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	3:1	■		■	
• Armario del conserje	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Recepción/envío																
• Muelle	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	2:1	■			■
• Recepción/preparación	E_h @piso; E_v @4' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.	2:1	■			■
• Almacenamiento																
• Comida	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES / Servicio de Comida															
• Uso frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	M	50	100	200	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Uso poco frecuente	E_h @piso; E_v @4' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	■			■
BAÑOS/VESTUARIOS	Ver 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES															
FORMA TRADICIONAL	Ambiente tradicional o culto formal															
•Coro	Ver FORMA TRADICIONAL/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de alta Reflectancia/Área Focal secundaria															
•Congregación	Nave, Sala de Oración															
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada															
Ceremonia en la nave principal	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.	5:1/3:1			■	
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. = 0.3 veces Eh de la actividad litúrgica, pero con un mínimo ≥10 lx					Prom. = 0.3 veces Ev de la actividad litúrgica					5:1/3:1			■	
• Meditación colectiva	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	■			■
• Acción participativa	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
• Meditación personal	E_h @piso; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.	3:1	■			■
• Antes y después del culto	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	J	20	40	80	Prom.	H	10	20	40	Prom.	3:1	■			■
•Música	Ver FORMA TRADICIONAL/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de alta Reflectancia/Área Focal secundaria															
•Nártex																
• Día																
• Durante el culto		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1	■			■
• Antes y después del culto		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.	3:1	■			■
• Noche		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.	3:1				■
• Áreas focales reverentes	Iluminancia sobre superficie o superficies de interés focal, incluidos los celebrantes durante la respectiva actividad litúrgica															
Áreas focales de alta reflectancia	Para áreas focales con acabados de superficie ≥50% durante la respectiva actividad litúrgica.															
Áreas de enfoque principales	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales.															
• Meditación colectiva		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	4:1	■		■	
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	4:1	■		■	
• Acción participativa		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■	■	■	
• Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.	4:1	■		■	
• Antes y después del culto		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■		■	
• Sermón		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.	4:1	■	■	■	

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FORMA TRADICIONAL	(Continuación de las áreas focales reverentes)										
• Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.										
• Meditación colectiva		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Ceremonia en la nave principal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Acción participativa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Meditación personal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Pre/Post adoración		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sermón		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
Áreas focales de baja reflectancia	Para áreas focales con acabados de superficie <50% durante la respectiva actividad litúrgica.										
• Áreas focales primarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales.										
• Meditación colectiva		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
Ceremonia en la nave principal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Acción participativa		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Meditación personal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
• Pre/Post adoración		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Sermón		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
• Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.										
• Meditación colectiva		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Acción participativa		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
• Pre/Post adoración		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.
• Sermón		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
•Sacristía	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
ESPACIOS DE TRANSICIÓN											
• Pasillos de circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• Pasillos adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. ≥0.3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom. ≥0.3 veces la Ev de la tarea del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras				
• Pasillos independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Ascensores											
•Carga											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Pasajeros											
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Umbral											
• Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos[e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)					Área Típica de Cobertura[h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					

Notas para la Tabla 37.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 37.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Consulte la Tabla 37.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 37.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos y ordenanzas pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 [a] relación E_h/2 [a] relación E_v if se aplican diferentes uniformidades) Max:Prom.	Prom. :Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FORMA TRADICIONAL	(Continuación de las áreas focales reverentes)																	
· Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.																	
· Meditación colectiva		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1		■		■	
Ceremonia en la nave principal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1		■		■	
· Acción participativa		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.		4:1		■	■	■	
· Meditación personal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1		■		■	
· Pre/Post adoración		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.		4:1		■		■	
· Sermón		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1		■	■	■	
Áreas focales de baja reflectancia	Para áreas focales con acabados de superficie <50% durante la respectiva actividad litúrgica.																	
· Áreas focales primarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales.																	
· Meditación colectiva		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1		■		■	
Ceremonia en la nave principal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1		■		■	
· Acción participativa		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1		■	■	■	
· Meditación personal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1		■		■	
· Pre/Post adoración		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1		■		■	
· Sermón		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1		■	■	■	
· Áreas focales secundarias	Eh y Ev @respectivos planos relevantes en áreas focales. Úselo también para coro y música cuando estos son parte de la actividad litúrgica.																	
· Meditación colectiva		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1		■		■	
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1		■		■	
· Acción participativa		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1		■	■	■	
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1		■		■	
· Pre/Post adoración		R	250	500	1000	Prom.	R	250	500	1000	Prom.		4:1		■		■	
· Sermón		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1		■	■	■	
•Sacristía	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1		■			■
ESPACIOS DE TRANSICIÓN																		
• Pasillos de circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.																	
• Pasillos adyacentes	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom.≥0,3 veces la tarea Eh del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras, pero con un mínimo de ≥10 lx					Prom.≥0,3 veces la Ev de la tarea del espacio adyacente o según lo requieran las cámaras						2:1		■		■	
• Pasillos independientes	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
• Ascensores																		
·Carga																		
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
· Umbral																		
· Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
• Pasajeros																		
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @3' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■			■
· Umbral																		
· Exterior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	
· Interior de la cabina	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1		■		■	

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Objetivos (E_v) Vertical Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)										
• Vestíbulos											
Circulación, vestíbulos de ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
En las entradas de los edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar del exterior al ixterior y viceversa.										
· Día	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
· Noche	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.
· Distante de las entradas	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Mostrador de información		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Salones											
• Lectura por placer		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Social		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Áreas de recepción/espera											
• Mostrador de recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.
• Áreas de espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
•Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
• Actividad intensa [i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
FORMA DE TRANSICIÓN	Ambiente de transición o culto informal.										
•Coro	Consulte FORMA DE TRANSICIÓN/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de Alta Reflectancia/Área Focal Secundaria										
•Congregación	Nave, Sala de Oración										
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.										
Ceremonia en la nave principal	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.
· Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	Prom. = 0,3 veces Eh de actividad litúrgica, pero con mín ≥10 lx					Prom.= 0,3 veces Ev de la actividad litúrgica				
• Meditación colectiva	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
• Acción participativa	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Meditación personal	E_h @piso; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.
• Antes y después del culto	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.
•Música	Consulte FORMA DE TRANSICIÓN/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de Alta Reflectancia/Área Focal Secundaria										
•Nártex											
• Día											
· Durante el culto		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.
· Pre/Post adoración		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.
• Noche		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura 1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	ver Tabla 12.6					
	3:1					
	2:1					
	2:1					
	2:1					
	5:1/3:1					
	5:1/3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					
	3:1					

Notas para la Tabla 37.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 37.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Consulte la Tabla 37.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 37.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos y ordenanzas pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene: Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1 relación E_h/2 relación E_v if se aplican diferentes uniformidades): Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	Área Típica de Cobertura [h] (f, g): Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
ESPACIOS DE TRANSICIÓN	(continuación)															
• Vestíbulos																
Circulación, vestíbulos de ascensores	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.															
En las entradas de los edificios	Muy cerca del exterior. La iluminación debe facilitar la adaptación al pasar del exterior al ixterior y viceversa.															
· Día	E_h @piso;E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			
· Noche	E_h @piso;E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	H	10	20	40	Prom.		3:1			
· Distante de las entradas	E_h @piso;E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			
• Mostrador de información		P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6			
•Salones																
• Lectura por placer		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Social		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			
• Áreas de recepción/espera																
• Mostrador de recepción		Q	200	400	800	Prom.	N	75	150	300	Prom.		ver Tabla 12.6			
• Áreas de espera		O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
•Escaleras	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.															
• Actividad intensa [i]	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• Vigilancia en vivo	E_h @piso; E_v @5' AFF	M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		2:1			
• Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF	K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		2:1			
FORMA DE TRANSICIÓN	Ambiente de transición o culto informal.															
•Coro	Consulte FORMA DE TRANSICIÓN/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de Alta Reflectancia/Área Focal Secundaria															
•Congregación	Nave, Sala de Oración															
• Circulación	A medida que el arquitecto coordina las marcas de contraste con escalones, bordillos y rampas, puede considerarse adecuada una iluminación localizada.															
Ceremonia en la nave principal	E_h @piso; E_v @5' AFF		2	2	2	Min	F	5	10	20	Prom.		5:1/3:1			
· Típico	E_h @piso; E_v @5' AFF		Prom. = 0,3 veces Eh de actividad litúrgica, pero con mín ≥10 lx					Prom.= 0,3 veces Ev de la actividad litúrgica					5:1/3:1			
• Meditación colectiva	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			
• Acción participativa	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Meditación personal	E_h @piso; E_v @4' AFF	H	10	20	40	Prom.	F	5	10	20	Prom.		3:1			
• Antes y después del culto	E_h @3' AFF; E_v @5' AFF	O	100	200	400	Prom.	M	50	100	200	Prom.		3:1			
• Sermón	E_h @2' AFF; E_v @4' AFF	L	37.5	75	150	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			
•Música	Consulte FORMA DE TRANSICIÓN/Áreas Focales Reverentes/Acabados de Superficie Focal de Alta Reflectancia/Área Focal Secundaria															
•Nártex																
• Día																
· Durante el culto		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			
· Pre/Post adoración		M	50	100	200	Prom.	K	25	50	100	Prom.		3:1			
• Noche		K	25	50	100	Prom.	I	15	30	60	Prom.		3:1			

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación en la página siguiente)

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d									
		Objetivos (E_h) Horizontal					Objetivos (E_v) Vertical				
		Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene					Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene				
		Categoría	<25	25-65	>65	Indicador	Categoría	<25	25-65	>65	Indicador
FORMA DE TRANSICIÓN	(continuación)										
• Áreas focales reverentes	Iluminancia sobre superficies de interés focal, incluidos los celebrantes durante la respectiva actividad litúrgica										
Áreas focales de alta reflectancia	Para zonas focales con acabados superficiales ≥50% durante la respectiva actividad litúrgica.										
· Áreas focales primarias	E_h y E_v @ respectivos planos relevantes en el área focal										
· Meditación colectiva		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Acción participativa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Pre/Post adoración		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Sermón		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Áreas focales secundarias	E_h y E_v @ respectivos planos relevantes en las áreas focales. También se utilizan para coro y música cuando estos forman parte de la actividad litúrgica.										
· Meditación colectiva		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Ceremonia en la nave principal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Acción participativa		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Meditación personal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.
· Pre/Post adoración		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Sermón		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
Áreas focales de baja reflectancia	Para zonas focales con acabados superficiales <50% durante la respectiva actividad litúrgica.										
· Áreas focales primarias	E_h y E_v @respectivos planos relevantes en el área focal										
· Meditación colectiva		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
Ceremonia en la nave principal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Acción participativa		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
· Meditación personal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.
· Pre/Post adoración		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
· Sermón		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.
· Áreas focales secundarias	E_h y E_v @respectivos planos relevantes en las áreas focales. También se utilizan para coro y música cuando estos forman parte de la actividad litúrgica.										
· Meditación colectiva		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Acción participativa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.
· Pre/Post adoración		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.
· Sermón		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.
• Sacristía	E_h @2' 6" AFF; E_v @5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.

Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura (1ª relación E_h/2ª relación E_v if se aplican diferentes uniformidades)			[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h]	
Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min			Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					
	4:1					

Notas para la Tabla 37.2

Los encabezados de las columnas de la tabla se analizan en detalle en 37.3 Criterios de iluminancia. Consulte 12.5.5 Iluminancia para obtener información sobre los procedimientos para establecer objetivos de iluminancia para un proyecto. Consulte la Tabla 37.3 | Conversiones dimensionales del SI.

a. Las aplicaciones, tareas o especificaciones de visualización encontradas en cualquier proyecto dado pueden ser diferentes de estas y pueden justificar criterios diferentes. Consulte 37.3.1 Aplicaciones y tareas. El diseñador es responsable de tomar las determinaciones finales de las aplicaciones, tareas y criterios de iluminancia.

b. Los valores citados deben mantenerse a lo largo del tiempo en el área de cobertura.

c. Los valores citados son de consenso y se consideran apropiados para la actividad funcional respectiva. En algunas situaciones, los requisitos del código están dentro del 10% de las recomendaciones de IES. Esto es aparentemente un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Independientemente, los códigos y ordenanzas pueden reemplazar cualquiera de los criterios de IES para cualquiera de las aplicaciones y tareas y el diseñador debe diseñar en consecuencia.

d. Los objetivos están destinados a aplicarse al plano o planos respectivos de la tarea.

e. Los objetivos de uniformidad de iluminancia ofrecen mejores resultados cuando se planifican junto con las relaciones de luminancia y las reflectancias de la superficie. Cualquier valor de uniformidad entre paréntesis hace referencia a las respectivas aplicaciones o tareas entre paréntesis, como una situación de toque de queda asociada con la iluminación exterior nocturna.

f. Las aplicaciones y tareas citadas con el icono de rayos de sol son candidatas para estrategias que emplean cualquier combinación de luz natural e iluminación eléctrica para lograr valores objetivo durante las horas del día. La luz natural puede requerir enfoques no convencionales.

g. Las tareas con componentes especulares, como computadoras con pantallas CSA/ISOType III o tareas impresas con tinta brillante o papel brillante, son propensas a reflejos velados. La probabilidad de predisposición de una aplicación o tarea a reflejos velados se indica mediante el icono de luz reflejada: el blanco y negro indica alta probabilidad; el gris y el blanco indican probabilidad moderada; el gris pálido y el blanco indican cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad.

h. El diseñador debe establecer áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. El resaltado verde identifica la tarea propiamente dicha o el área de la tarea como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados. El resaltado ámbar identifica la habitación o el área designada como el área típica de cobertura para los respectivos objetivos citados.

i. Véase la Tabla 22.4 / Definiciones de Niveles de Actividad en Interiores y Exteriores Durante la Noche.

Tabla 37.2 | Recomendaciones de Iluminancia para Lugares de Culto (continuación de la página anterior)

Aplicaciones y Tareas [a]	Notas	Objetivos de Iluminancia Mantenida Recomendados (lux) b c d — Objetivos (E_h) Horizontal — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Objetivos (E_v) Vertical — Categoría	Edad Visual de los Observadores (años) donde al menos la mitad tiene <25	25-65	>65	Indicador	Uniformidad de los Objetivos [e] Sobre el Área de Cobertura — Max:Prom.	Prom.:Min	Max:Min	[f]	[g]	Área Típica de Cobertura [h] — Tarea Propiamente Dicha o Área de Tareas	Habitación o Área Designada
FORMA DE TRANSICIÓN	(continuación)																	
• Áreas focales reverentes	Iluminancia sobre superficies de interés focal, incluidos los celebrantes durante la respectiva actividad litúrgica																	
Áreas focales de alta reflectancia	Para zonas focales con acabados superficiales ≥50% durante la respectiva actividad litúrgica.																	
· Áreas focales primarias	E_h y E_v @ respectivos planos relevantes en el área focal																	
· Meditación colectiva		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.		4:1					
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1					
· Acción participativa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1					
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1					
· Pre/Post adoración		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1					
· Sermón		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1					
· Áreas focales secundarias	E_h y E_v @ respectivos planos relevantes en las áreas focales. También se utilizan para coro y música cuando estos forman parte de la actividad litúrgica.																	
· Meditación colectiva		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1					
Ceremonia en la nave principal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1					
· Acción participativa		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1					
· Meditación personal		M	50	100	200	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1					
· Pre/Post adoración		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1					
· Sermón		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1					
Áreas focales de baja reflectancia	Para zonas focales con acabados superficiales <50% durante la respectiva actividad litúrgica.																	
· Áreas focales primarias	E_h y E_v @ respectivos planos relevantes en el área focal																	
· Meditación colectiva		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1					
Ceremonia en la nave principal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1					
· Acción participativa		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1					
· Meditación personal		Q	200	400	800	Prom.	Q	200	400	800	Prom.		4:1					
· Pre/Post adoración		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1					
· Sermón		T	500	1000	2000	Prom.	T	500	1000	2000	Prom.		4:1					
· Áreas focales secundarias	E_h y E_v @ respectivos planos relevantes en las áreas focales. También se utilizan para coro y música cuando estos forman parte de la actividad litúrgica.																	
· Meditación colectiva		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.		4:1					
Ceremonia en la nave principal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1					
· Acción participativa		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1					
· Meditación personal		O	100	200	400	Prom.	O	100	200	400	Prom.		4:1					
· Pre/Post adoración		S	375	750	1500	Prom.	S	375	750	1500	Prom.		4:1					
· Sermón		P	150	300	600	Prom.	P	150	300	600	Prom.		4:1					
• Sacristía	E_h@2' 6" AFF; E_v@5' AFF	P	150	300	600	Prom.	M	50	100	200	Prom.		4:1					

37.2.5 NECESIDADES DE CULTO

No se puede exagerar la necesidad de programar completamente las instalaciones de culto, como catedrales, iglesias, mezquitas, santuarios, sinagogas, templos u otras casas de culto. La secta religiosa, su tipo de culto y los feligreses de una instalación dirigen la iluminación, entre otras decisiones de diseño y planificación. La religión organizada se clasifica aquí como aquella que adopta una forma contemporánea, una forma tradicional o una forma de transición. Estas se citan en la Tabla 37.2 en orden alfabético entre las otras aplicaciones y tareas. El diseñador debe consultar con el cliente para establecer la forma apropiada de culto, que puede relacionarse con el tono y la dinámica previstos de las ceremonias o la liturgia, con la arquitectura o con ambos. Para la meditación personal de una persona o un grupo íntimo, consulte la Tabla 34.2 | Recomendaciones de Iluminación Residencial/Interiores Residenciales/Salas de Meditación. Los criterios de iluminancia horizontal para una tarea no deben ser el único impulsor detrás de las soluciones de iluminación. Las iluminancias verticales, la iluminación periférica y la acentuación desempeñan un papel importante en la iluminación para el culto. Véase la Figura 37.2. Además de un análisis de las diversas formas de culto, a continuación se analizan los controles, el mantenimiento y los requisitos de transmisión.

37.2.5.1 FORMAS DE CULTO CONTEMPORÁNEAS, TRADICIONALES Y DE TRANSICIÓN

Para las formas de culto contemporáneas, los criterios de iluminancia se citan en la Tabla 37.2 para tareas y aplicaciones relacionadas con el ambiente contemporáneo o el culto exuberante. Los criterios de iluminancia para las formas tradicionales de culto están relacionados con el ambiente tradicional o el culto formal. Los criterios de iluminancia para las formas de transición de culto están relacionados con el ambiente transicional o un estilo de culto informal. En general, las iluminancias son más altas para el culto exuberante, más bajas para el culto formal y moderadas para el culto informal. Véase las Figuras 37.3 y 37.4.

Los criterios para cada forma de culto están disponibles para abordar las siguientes aplicaciones y tareas comunes: coro; congregación; música; nártex; áreas focales reverentes; y sacristía. La congregación también puede denominarse nave, sala de oración o asamblea, según la religión. Para el conjunto de congregantes, se citan criterios para la circulación, la meditación colectiva, la acción participativa, la meditación personal y el sermón. El diseñador debe determinar cuáles de estas aplicaciones y tareas son relevantes para el proyecto de culto en cuestión. Una situación de iluminación básica para el área de la congregación debe incluir iluminación para la acción participativa y el sermón.

La arquitectura de una iglesia convencional puede estar diseñada con espacios y áreas de culto tradicionales, como un presbiterio, una nave, un santuario, pasillos laterales y un transepto. En lugar de iluminar estas áreas con iluminancias predeterminadas, deben iluminarse de acuerdo con las aplicaciones y tareas y las jerarquías visuales que el diseñador y el cliente consideren apropiadas para la liturgia.

37.2.5.2 ÁREAS FOCALES REVERENTES

Las áreas focales reverentes pueden incluir aquellos muebles que apoyan la liturgia o son un artefacto o característica significativa, como el altar, ambón, silla, arca, atril, púlpito con escalera, púlpito, retablos, relicario y tabernáculo. Estos pueden estar acentuados en una jerarquía relacionada con la actividad de adoración o pueden estar iluminados estáticamente durante la duración de un servicio. El diseñador debe coordinar tales esquemas de iluminación con las necesidades del cliente en particular. Las áreas focales reverentes que se determinan apropiadas para la liturgia se iluminan en función de su reflectancia, su importancia relativa y el entorno de la actividad de adoración. Cuando los íconos o el arte son de cierta importancia visual, pero no de estatura primaria o secundaria, la Tabla 15.2 | Relaciones de Iluminancia de Acento es una referencia útil. Véanse las Figuras 37.4, 37.5 y 37.6.

37.2.5.3 COROS Y MÚSICA

Las áreas de interpretación musical y los coros se consideran elementos focales secundarios a los efectos de los criterios de iluminancia. Se trata de elementos focales dimensionales, como los altares y los atriles, donde la iluminancia horizontal y vertical tienen el mismo valor. Esto garantiza que los celebrantes puedan realizar las tareas de lectura y al mismo tiempo estar suficientemente iluminado verticalmente para aparecer como un elemento focal para los congregantes.

Cuadro **37.3** | Conversiones Dimensionales SI

Uso en US	SI
General	**Conversión Tosca**
pulgadas	mm [pulgadas X 25,40]
pies	m [pies X 0,30]
Específico	**Conversiones Convenientes** [a]
2'	610 mm or 0.6 m
2' 6"	760 mm or 0.75 m
3'	915 mm or 0.9 m
3' 6"	1065 mm or 1.1 m
4'	1220 mm or 1.2 m
5'	1525 mm or 1.5 m

a. Conversiones duras redondeadas para mayor comodidad en la presentación de informes. No confundir con luminarias de tamaño métrico u otros materiales de construcción. No para construcción de precisión.

37.2.5.4 NÁRTEX

Un término tradicional, nártex define un vestíbulo o área de recepción que es una transición del espacio de reunión al aire libre al interior. Muchas veces el nártex sirve como un espacio de recepción. Para ayudar con la adaptación, las iluminancias diurnas son más altas que los valores nocturnos. Con respecto a la adaptación y la circulación hacia el área de congregación, la transición es mejor si los valores de reflectancia de la superficie del piso entre el nártex y el área de circulación de la congregación son casi idénticos. De lo contrario, la iluminancia en el piso de circulación de la congregación debe ajustarse por la relación de la reflectancia del piso del nártex con la reflectancia del piso de circulación de la congregación.

37.2.5.5 SACRISTÍA

Sacristía es un término tradicional asociado con la habitación donde se pueden almacenar objetos sagrados o elementos asociados con la liturgia, incluyendo túnicas, copas de comunión y mantelería.

37.2.5.6 CONTROLES

Incluso en un lugar de culto modesto donde se van a realizar varias ceremonias o funciones y donde la luz desempeñará un papel en la secuenciación de las diversas ceremonias y funciones, son necesarios controles. Por lo general, los reguladores de intensidad y los interruptores estándar de pared son insuficientes a menos que haya personal dedicado constantemente disponible y capaz de operar puntualmente las diversas zonas de iluminación en una secuencia

predeterminada. Por lo general, se emplean sistemas de control preestablecidos para lograr configuraciones consistentes y un funcionamiento oportuno de todas las luminarias. Es necesaria una estrecha coordinación con el cliente para determinar el número y la ubicación de las estaciones de control y qué escenas preestablecidas están disponibles en cada ubicación. En las liturgias en las que la actuación es un componente significativo, un director de sonido e iluminación puede necesitar acceso a un tablero de control de iluminación para efectos de iluminación dinámicos adaptados a un servicio o actuación. El tipo de control de iluminación depende del grado en que el clero requiera o desee el funcionamiento de la iluminación y por parte de quién. Cuando la iluminación natural tiene un papel integral, son necesarios controles automatizados. La figura 37.7 ilustra sólo algunas de las muchas escenas litúrgicas preprogramadas que pueden estar disponibles en un sistema preestablecido.



FIGURA 37.2 | MEDITACIÓN PERSONAL
Esta pequeña capilla de hospital está disponible las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Una escena de iluminación de meditación personal ofrece iluminación a un grupo íntimo en primer plano. Para situaciones intensamente privadas, existe un refugio más allá de la celosía donde sólo se acentúa un tabernáculo. La iluminación de la celosía ofrece una definición espacial a ambas áreas y sirve como telón de fondo meditativo o elemento focal.

» Imagen ©INAl Studio

37.2.5.7 MANTENIMIENTO

Algunas arquitecturas para el culto plantean dos desafíos importantes: el volumen espacial y la accesibilidad al equipo de iluminación. Otro desafío es el presupuesto, que normalmente impide pasarelas extensas, elevadores de personal motorizados o elevadores de descenso para luminarias. Los espacios con cielorrasos altos y donde las luminarias empotradas son una preferencia exigen luminarias con ópticas de precisión. Cualquier cambio en los mecanismos ópticos durante el mantenimiento dará como resultado una iluminación ineficaz y posiblemente deslumbrante y, esencialmente, un desperdicio de energía. La accesibilidad al equipo de iluminación complica el proceso de limpieza y mantenimiento de las luminarias. La elección de lámparas, el tipo de luminaria y la disposición de las luminarias se ven influenciados por la accesibilidad. Se debe realizar una revisión de las opciones de mantenimiento frente a la calidad y cantidad de luz y atenuación con el cliente y podría incluir una discusión sobre elevadores de personal, elevadores de descenso, acceso superior y requisitos de ático o pasarela, o uso periódico de aparejadores. Los controles automatizados pueden ayudar mucho al mantenimiento. Los sensores de ocupación o los controles de tiempo para una parte o la totalidad de la iluminación pueden prolongar la vida útil de las lámparas y los balastros, los controladores y los transformadores. Algunas instalaciones sólo requieren que gran parte o toda la iluminación esté encendida durante quizás diez horas a la semana. Los controles automatizados pueden ayudar a lograr una tasa de uso tan baja al programar cuándo están disponibles ciertas luces.



FIGURA 37.3 | CULTO DE TRANSICIÓN
El diseñador y el cliente pueden determinar que la iluminación de culto de transición es apropiada para la liturgia, independientemente de la arquitectura. Aquí, el mobiliario de madera y una interpretación histórica del cielorraso original introducen una calidad informal. Por lo tanto, los criterios de iluminación del culto podrían basarse en el culto de transición tanto para la liturgia como para la arquitectura. Con una difusión dominical de transmisión en vivo para los confinados en sus hogares y los que se encuentran en hogares de ancianos, hospitales y prisiones, la iluminación se coordinó con los requisitos de la cámara tanto para la iluminancia como para las relaciones de contraste.

» Imagen ©carr cialdella

37.2.5.8 ILUMINACIÓN PARA TRANSMISIÓN

Algunas congregaciones transmiten servicios generalmente a través de canales de cable locales. Según la tecnología y la posición de la cámara, la iluminación arquitectónica puede satisfacer las necesidades de transmisión. Sin embargo, algunas situaciones requerirán iluminación adicional para aquellos servicios que se transmiten. Se deben tener en cuenta los requisitos de iluminancia y contraste de las cámaras. La iluminación arquitectónica o los instrumentos de iluminación teatral separados pueden satisfacer estos requisitos y requieren un control separado.

37.2.6 SERVICIO DE COMIDAS

La iluminación para el servicio de comidas se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES.

37.2.7 ESTACIONAMIENTO

La iluminación para estacionamientos se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

37.2.8 VÍAS PEATONALES

La iluminación para vías peatonales se analiza en 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

37.2.9 ESPACIOS DE APOYO

Estas citas relativamente de trastienda se explican por sí solas. Para facilitar el mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.

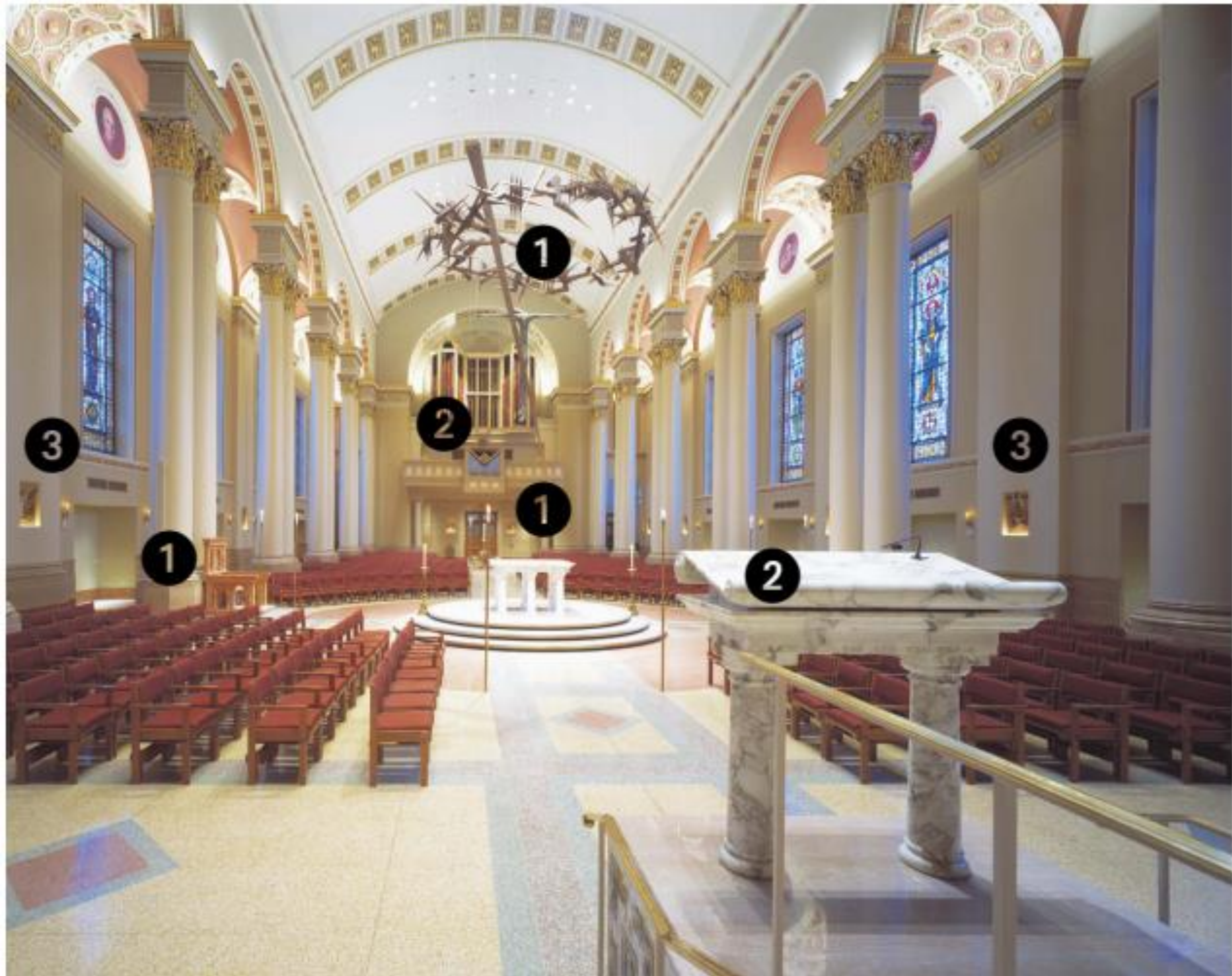


FIGURA 37.4 | CULTO PREVIO Y POSTERIOR

La iluminación de esta catedral restaurada consta de una variedad de zonas y configuraciones preestablecidas coordinadas con la liturgia. Para el culto previo o posterior y para la acción participativa, se puede utilizar una disposición "totalmente encendida" y "totalmente iluminada". La silla, el altar y la escultura que se encuentra sobre ella son los elementos focales principales ❶ en esta escena. Los elementos focales secundarios ❷ son el atril (también conocido como ambón o púlpito) y los tubos del órgano. Las estaciones del vía crucis ❸ se iluminan como arte para "Sutil" de acuerdo con la Tabla 15.2 (ver detalles en la Figura 37.5, a continuación). La iluminación indirecta acentúa los retratos en redondel en los arcos de las naves laterales y baña suavemente la bóveda de cañón de la nave, lo que mejora el brillo general y acentúa los detalles arquitectónicos e ilumina suavemente los rostros de los feligreses. Los controles preestablecidos coreografían el énfasis de varios elementos focales como se describe en la Tabla 37.2 para acomodar la liturgia. La escena del "sermón" presenta de manera destacada el atril mientras se atenúa el altar. Se pueden desarrollar otras escenas atenuando o extinguiendo la iluminación indirecta o atenuando las luces empotradas y los acentos seleccionados.

» Imagen ©John J. Korom Photography

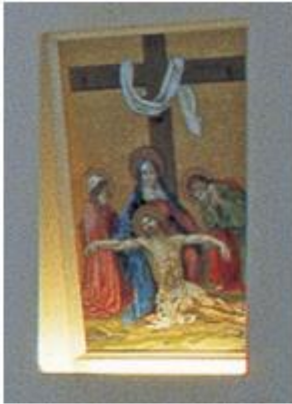




FIGURA 37.5 | COBERTURA MEJORADA
Para mejorar la cobertura de la luz sobre las estaciones del Vía Crucis visibles en ❸ en la Figura 37.4, y en la ampliación a la izquierda, sin utilizar luces de cuadros u otras luminarias obvias con ópticas de acento, se creó un nicho de pared en cada estación. La profundidad del nicho era suficiente para permitir un detalle de iluminación en la parte inferior. Luego, la obra de arte se inclinó hacia la cara de la pared en la parte superior del nicho. El trabajo dorado es más uniformemente brillante cuando se ve de frente, como se ve en el detalle de la derecha.

» Imágenes ©John J. Korom Photography

37.2.10 BAÑOS/VESTUARIOS

La iluminación de los baños y vestuarios se analiza en 22 | ILUMINACIÓN PARA APLICACIONES COMUNES. Abordar las áreas funcionales de los accesorios, como inodoros, urinarios y tocadores, proporcionará suficiente luz donde sea necesaria sin iluminar demasiado todo el baño. Los tocadores son problemáticos cuando se diseña poca o ninguna iluminación vertical para iluminar un plano facial imaginario (aproximadamente una zona de tamaño suficiente para abarcar rostros) frente a los espejos. Para facilitar el mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.

37.2.11 ESPACIOS DE TRANSICIÓN

La mayoría de estos espacios se explican por sí solos. Muchos se aplican a instalaciones muy grandes o a un complejo o recinto. Para facilitar el mantenimiento, los tipos de lámparas y las calidades de color deben coincidir con los utilizados en otros lugares.

37.3 CRITERIOS DE ILUMINANCIA

Los criterios de iluminancia, cuando se implementan por completo, son un conjunto sólido de valores cuantitativos que influyen en la visibilidad, el rendimiento visual y la comodidad y atención visuales. Si se evita la selección de criterios o se diseña con un solo valor de criterio, como la iluminancia horizontal, para abordar las tareas más desfavorables, seguramente se generará insatisfacción. Incluso si los clientes aceptan los resultados visuales, es probable que no se aproveche al máximo la energía gastada o, peor aún, se desperdicie energía. A continuación se presentan notas relacionadas con varios aspectos delineados en la Tabla 37.2.

37.3.1 APLICACIONES Y TAREAS

Las aplicaciones y tareas que se encuentran en un proyecto determinado pueden ser diferentes de las identificadas en la Tabla 37.2 y pueden justificar diferentes criterios de iluminancia. Es adecuado hacer referencias cruzadas entre aplicaciones o tareas estrechamente asociadas. A veces, las tendencias o convenciones de nombres para los tipos de espacios o áreas y funciones litúrgicas cambian para adaptarse a la práctica actual, la programación del cliente o las convenciones arquitectónicas o litúrgicas, pero las actividades y tareas reales siguen siendo las mismas y esta referencia cruzada funciona. Si esta técnica no es posible, puede ser útil revisar la lista de la Tabla 37.2 para determinar si alguna aplicación o tarea presenta un componente visual similar a las aplicaciones o tareas específicas. Además, revisar las tareas de otras aplicaciones a veces brinda información. Por ejemplo, un salón o sala de juegos para adolescentes se aborda con los criterios citados en la Tabla 28.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones de Hospitalidad y Entretenimiento/ESPACIOS DE TRANSICIÓN/Salones/Clubes y Salas de Juegos. Cuando no se pueden encontrar tareas de naturaleza similar, entonces es necesario revisar 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia y la Tabla 4.1 para establecer una categoría de tarea basada en las características de la tarea o las descripciones del desempeño visual más estrechamente asociadas con las tareas específicas.



FIGURA 37.6 | ÁREAS FOCALES Y ZONAS AV

La iluminación de la sala y las zonas de control de la iluminación focal están cuidadosamente separadas para lograr el mejor efecto. Se utilizan luces empotradas e instrumentos teatrales bien diseñados y controlados ópticamente. Todos estos atributos contribuyen a que las áreas focales se representen de manera distintiva y brindan un buen contraste en las pantallas audiovisuales, al tiempo que brindan una iluminación suficiente para la sala.

» Imagen ©Bob Daemmrich/Corbis

37.3.2 NOTAS

Las notas pueden referirse a otros encabezados de aplicaciones y tareas en la tabla o a otros capítulos del manual según corresponda. Cuando se justifica cierto grado de aclaración, se hacen notas.

37.3.3 OBJETIVOS DE ILUMINANCIA MANTENIDOS RECOMENDADOS

Los valores citados se mantienen en el área de cobertura para la tarea en consideración. La iluminancia es aditiva. Cuando sea práctico y sin afectar negativamente la aplicación prevista de la luz, los valores objetivo se logran con cualquier

combinación de iluminación natural y/o iluminación eléctrica en cualquier mezcla de iluminación ambiental, de tarea y de acento que se considere apropiada para cumplir con estos y los otros objetivos de iluminación establecidos durante el diseño. Consulte 12 | COMPONENTES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN y consulte 10.7.1 Factores de Pérdida de Luz. Con respecto a los factores de pérdida de luz, tenga en cuenta las pérdidas anticipadas hasta el punto en el tiempo en el que se debe realizar el reemplazo de lámparas y la limpieza del grupo. El reemplazo de lámparas y la limpieza del grupo deben ser una práctica estándar, aunque no es necesario que ocurran con la misma frecuencia. La limpieza periódica y el recambio de lámparas en grupo mantienen esencialmente la iluminancia en los criterios y hacen el uso más eficiente del equipo instalado. A los efectos de la sostenibilidad, la limpieza y el recambio de lámparas en grupo ya no se pueden suponer como poco frecuentes o improbables. Los procedimientos de mantenimiento deben ser parte de las discusiones de diseño con el cliente. Consulte el documento IES IESNA/NALMCO RP-36 Práctica Recomendada para el Mantenimiento Planificado de Iluminación Interior para obtener información adicional. Cuando el mantenimiento se pospone o se practica de manera deficiente o no se practica en absoluto, los valores de iluminancia reales caerán por debajo de los objetivos de los criterios. Esto es ineficiente, insostenible y puede ser inseguro, además de afectar negativamente la calidad de vida o el trabajo de los usuarios. El mantenimiento puede ser especialmente problemático con los LED, donde se pueden ofrecer promesas de una vida útil extraordinariamente larga, pero generalmente con la salvedad de que la depreciación del lumen de la lámpara (LLD) en esa vida nominal es del 70% o quizás incluso tan baja como el 50% de la calificación inicial. Si se supone que los ciclos de reemplazo son la vida útil nominal, entonces el LLD sólo debe ser 0,7 o 0,5 o cualquier valor de lúmenes certificado por el proveedor del LED. Consulte 13.3 Vida Útil y Mantenimiento de Lúmenes.

Un detalle que involucra a los LED y su mantenimiento que es especialmente relevante para los lugares de culto es la dificultad de acceso en espacios de gran volumen y cielorrasos altos. Al momento de escribir este artículo, los LED siguen sin probarse durante largos períodos de tiempo. No es extraño que los LED diseñados para áreas casi inaccesibles hayan fallado prematuramente. La mecánica y la mano de obra involucradas para dar servicio a estas luminarias y sus componentes auxiliares, incluidos, entre otros, controladores, transformadores e interfaces de control, han demostrado ser difíciles y costosos. Independientemente de la promesa de longevidad, el diseñador debe confirmar la cobertura de la garantía por el costo del equipo y la mano de obra, preferiblemente por un período de al menos 5 años. Detalles y acceso con los miembros del equipo de diseño y los clientes antes del diseño y la especificación.

Los objetivos citados son de consenso y se consideran apropiados para la respectiva actividad funcional. Para algunas aplicaciones, las recomendaciones de IES están dentro del 10% de los requisitos del código. Esto aparentemente es un artefacto de la metrificación. Las conversiones de pies-candela de cualquier valor citado en la Tabla 37.2 deben realizarse a 1 fc por 10 lx. Esta conversión suave evita una disminución redundante de los valores de iluminancia después de múltiples citas y conversiones a lo largo del tiempo. Esto también elimina una falsa sensación de precisión avanzada por un número cada vez mayor de decimales y una falsa sensación de urgencia avanzada por valores fraccionarios excéntricos introducidos por conversiones duras. Sin embargo, un diseño de iluminación debe cumplir con el código y la mecánica del cual debe ser coordinada entre el equipo de diseño. Las recomendaciones de IES no deben, no reflejan y no pueden reflejar todos los diversos requisitos del código vigentes en todas las jurisdicciones en un momento dado.

Los objetivos se aplican al plano dominante de la tarea, que normalmente, aunque no siempre, es horizontal o vertical. En algunas situaciones, se citan criterios de iluminancia para un plano, como el plano vertical de una pantalla de proyección frontal, mientras que el otro plano está en blanco. El espacio en blanco significa que la iluminancia en ese plano no es importante y puede ser consecuencia de la iluminancia de otras tareas en las inmediaciones o de cualquier iluminancia resultante de cumplir con la iluminancia objetivo para el plano de interés prescrito.







FIGURA 37.7 | PREAJUSTES LITÚRGICOS
Para lograr la sostenibilidad, toda la iluminación de acento se logra con lámparas 39W/T6/CMH que exhiben 3000 KCCT y 80 CRI. Es necesaria una secuencia cuidadosa de los preajustes durante el culto para evitar los retrasos inaceptables que se producen cuando las lámparas CMH se apagan y se vuelven a encender de inmediato. Al apagar varias zonas de acentos CMH y atenuar varias zonas de luminarias fluorescentes, las escenas disponibles incluyen (desde arriba):

1. CELEBRACIÓN DE LA MISA;

2 EVENTO MUSICAL (centrándose en un área de música a la izquierda, aunque el altar y el tabernáculo permanecen acentuados);

3. MEDITACIÓN NOCTURNA.

» Imágenes ©2005 Gene Meadows

37.3.3.1 PLANOS OBJETIVO

Muchas tareas, aunque ciertamente no todas, se realizan con la tarea en una orientación aproximadamente horizontal o vertical. Se debe asignar una orientación dominante y determinar el objetivo de iluminancia en consecuencia. Puede haber situaciones en las que el objetivo recomendado por IES relacionado con el modo plano típico de una tarea se deba aplicar a un plano diferente.

Se espera que casi todas las tareas tengan un componente de iluminancia horizontal (Eh) y un componente de iluminancia vertical (Ev). Esto permite cierto grado de flexibilidad de la tarea para la visualización fuera del plano y se adapta a varios aspectos de la tarea. En algunas aplicaciones, como la acción participativa donde puede ocurrir el canto de himnos, las iluminancias del plano horizontal y vertical abordan la situación común donde la lectura se lleva a cabo en planos casi horizontales o a medio camino entre el horizontal y el vertical.

Cuando los objetivos de iluminancia están destinados a diferentes elevaciones planas, esto se indica en "Notas". Por ejemplo, para algunas áreas de congregación, las iluminancias horizontales se aplican al plano del regazo o al plano del himnario de pie. Dependiendo de la forma de culto y la religión, el diseñador puede optar por establecer la elevación del plano del regazo al plano del piso si los feligreses están sentados en el piso o en cojines del piso. Es necesario rastrear las ubicaciones del plano de la tarea y sus orientaciones y abordar la iluminancia tanto horizontal como vertical. Si se prevé orientar un único elemento focal en algún plano fuera del eje de la horizontal o la vertical en más de 10°, por ejemplo, entonces se deben aplicar los criterios de iluminancia a esa orientación fuera del eje. Esta es una distinción importante para la selección óptica de la luminaria y las capacidades de orientación, así como para el diseño, los cálculos y las mediciones de campo.

Para los planos relacionados con los objetivos de iluminancia vertical, se indican algunas pautas en “Notas” donde la orientación direccional del plano es sencilla y se identifica fácilmente. Sin embargo, el diseñador debe establecer orientaciones basadas en las condiciones del proyecto. Por ejemplo, en una situación de sermón en círculo, y especialmente donde se utilizan asientos sueltos reconfigurables, el diseñador debe determinar si las iluminancias verticales se aplican a un plano o a varios planos. Además, la resolución de un enfoque de "un plano" debe evaluarse con respecto a los otros congregantes ubicados a 90° y, lo que es más crítico, a 180° con respecto al área de diseño en cuestión, ya que la orientación de la luminaria y la óptica para lograr el resultado de iluminancia deseado pueden crear inadvertidamente un deslumbramiento incómodo para estos otros congregantes.

37.3.3.2 EDADES VISUALES DE LOS OBSERVADORES

Los criterios de iluminancia se basan en las edades visuales de más de la mitad de los observadores previstos. En algunos entornos de culto, esto debe aplicarse a cada aplicación o elemento de tarea. Por ejemplo, el sermón puede ser realizado por clérigos mayores de 65 años, pero la iluminancia del plano de tarea del púlpito probablemente esté determinada por los criterios de iluminancia del área focal necesarios para que los congregantes aprecien la importancia del elemento focal. La iluminancia del área focal suele ser muy superior a la iluminancia requerida para la lectura por parte del clero en un ambón o atril, por ejemplo. El diseñador puede confirmar esto revisando muestras de textos típicos de sermones para comprobar el tamaño de fuente, el papel y la calidad de la tinta, y luego comparándolos con las tareas identificadas en la Tabla 22.2 | Recomendaciones de Iluminancia de Aplicaciones Comunes/LECTURA Y ESCRITURA y sus respectivos criterios de iluminancia. El mayor problema para el clero mayor de 65 años es la sensibilidad al deslumbramiento creado por la iluminación del área focal. El diseñador debe tomar medidas para limitar el deslumbramiento, lo que puede implicar la óptica de la lámpara y la luminaria, las posiciones de la luminaria fuera del eje a cada lado del elemento focal (para evitar apuntar "directamente a la cara") y ángulos de apuntado algo más rasantes de 25° a 30° desde el nadir en lugar de los más favorecedores de 35° a 40° desde el nadir. Todos merecen modelado en computadora o maquetas, pero ciertamente requieren revisión con el cliente. En cualquier caso, las edades de los observadores, los conjuntos de tareas para los grupos de edad y los objetivos de iluminancia deben resolverse durante la programación con el cliente. Consulte 12.5.5 Iluminancia y 4.12 Un Sistema de Determinación de Iluminancia para obtener información y orientación adicionales.

37.3.3.3 CATEGORÍAS DE ILUMINANCIA

Las categorías de iluminancia se designan con las letras A a Y. Estas se enumeran en la Tabla 37.2 para una referencia más conveniente a la Tabla 4.1 | Objetivos de Iluminancia recomendados si el diseñador desea explorar otros objetivos de criterios o si las aplicaciones o tareas en un proyecto específico no se correlacionan fácilmente con las citas de la tabla.

37.3.3.4 CALIBRE

El calibre común para determinar el cumplimiento del objetivo de iluminancia se cita para cada aplicación. Todos los calibres suponen que se utilizan técnicas punto por punto para los cálculos predictivos y suponen que los criterios de uniformidad se monitorean de cerca. Cuando un valor de iluminancia promedio sobre el área de cobertura puede satisfacer el cumplimiento del objetivo, se cita "Prom". En aplicaciones o tareas donde es necesario un objetivo mínimo o máximo, el calibre para el cumplimiento es "Mín" o "Máx", respectivamente.

El diseñador puede optar por utilizar otros métodos para evaluar el cumplimiento de los objetivos, como la calificación de criterios (CR) o el coeficiente de variación (Cv). Consulte 4.12.4.5 Tareas en Ubicaciones Inciertas Sobre un Área Grande.

En cualquier caso, una vez que se establecen los objetivos de iluminancia y las uniformidades, se debe limitar cualquier desviación calculada de ellos. La tolerancia de ingeniería estándar de ±10% puede ser aceptable para los objetivos calibrados como promedio a menos que las obligaciones contractuales o del código exijan lo contrario. Los mínimos y máximos deben lograrse según lo previsto.

Los diseños deben ajustarse hasta que las predicciones estén dentro de la tolerancia para los promedios y cumplan con los mínimos y máximos. Para obtener información adicional, consulte 4.12.4.1 Iluminancias Recomendadas en el Momento del Diseño, 4.12.5 Relaciones de Iluminancia, 9.15.1.1 Iluminancia Promedio y 10.8 Evaluación de los Resultados Calculados.

37.3.4 OBJETIVOS DE UNIFORMIDAD

Los objetivos de uniformidad de iluminancia funcionan en conjunto con las uniformidades de luminancia y las reflectancias de la superficie, todas las cuales deben abordarse como parte del diseño para evitar incomodidad visual, deslumbramiento y tensión. Las relaciones de uniformidad son objetivos que definen los rangos recomendados más amplios. En muchas situaciones, los criterios de relación de uniformidad son aquellos entre los valores promedio de una matriz de puntos y el valor mínimo en la misma matriz de puntos. Los objetivos de uniformidad se aplican tanto a iluminancias horizontales como verticales sobre el área de cobertura. Cuando el criterio de uniformidad horizontal es diferente del criterio de uniformidad vertical, se informan dos relaciones con el primer valor para la iluminancia horizontal (Eh).

Generalmente, cuanto más importante sea la velocidad y la precisión y más exigente sea la tarea visual, más estricta será la relación.

37.3.4.1 MÁXIMO A PROMEDIO

Es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia promedio encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones sensibles a un grado relativamente pequeño de sobreiluminación.

37.3.4.2 PROMEDIO A MÍNIMO

Es la relación recomendada entre la iluminancia promedio y la iluminancia mínima encontrada en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones donde la iluminancia demasiado por debajo de las condiciones promedio es notoria y perjudicial para el desempeño de la tarea o inconsistente con las expectativas normales.



FIGURA 37.8 | ILUMINACIÓN NATURAL PROGRESIVA

La ubicación, la orientación y la configuración adecuada de la arquitectura y la geometría de la abertura para la luz natural pueden generar entornos en los que la luz eléctrica sólo sea necesaria durante las horas de oscuridad, según las necesidades litúrgicas. Aquí, la luz natural del norte se distribuye y luego se refleja de manera suave y eficiente en la forma arquitectónica blanca de la iglesia parroquial de Riola de Alvar Aalto, Riola, Italia. Consulte 11.2.1 Planificación Progresiva para obtener más información sobre las técnicas de planificación de la iluminación.

» Imagen ©Richard Einzig/Arcaid/Corbis

37.3.4.3 MÁXIMO A MÍNIMO

Esta es la relación recomendada entre la iluminancia máxima y la iluminancia mínima que se encuentra en el área de cobertura de interés. Esta relación se atribuye típicamente a situaciones en las que una variación excesiva en la iluminancia se considera indeseable e insostenible desde una perspectiva de rendimiento o seguridad.

37.3.5 AVANCE DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

En general, las estrategias de diseño deben adoptar cualquier combinación de iluminación natural e iluminación eléctrica para lograr los valores objetivo durante las horas de luz natural. La preferencia es que la iluminación natural proporcione toda o la mayor parte de la iluminancia recomendada suponiendo que todos los aspectos de la iluminación natural se aborden adecuadamente. Un ícono de rayos de sol representa aquellas aplicaciones y tareas en las que la iluminación natural se considera un candidato estratégico. Utilice fotocélulas y atenuación escalonada o continua para reducir o eliminar la iluminación eléctrica durante las horas de luz natural. Consulte 14 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN NATURAL y 15 | DISEÑO DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICA. Incluso para aquellas aplicaciones donde la iluminación natural no es tradicionalmente un candidato estratégico, se puede determinar que un diseño muy cuidadoso y coordinado ofrecerá grandes oportunidades de sustentabilidad junto con influencias positivas asociadas con la luz natural y las vistas. La Figura 37.8 ilustra la iluminación natural progresiva para el culto y la Figura 37.9 ilustra la iluminación natural convencional para el culto. La luz natural debe controlarse para proporcionar iluminancias apropiadas para la tarea.

La sobreiluminación con luz natural puede acelerar el desvanecimiento y el blanqueamiento y la desaparición final de los artefactos sagrados o históricos.

37.3.6 REFLEXIONES DE VELO

Las tareas con componentes especulares, como las tareas impresas con tinta brillante o papel brillante o, peor aún, ambos, son propensas a reflejos de velo. La probabilidad de aplicaciones y tareas particulares predispuestas a reflejos de velo se indica mediante un ícono de "luz reflejada": blanco y negro indica alta probabilidad; gris y blanco indica probabilidad moderada; gris pálido y blanco indica cierta probabilidad; y todo blanco indica poca o ninguna probabilidad. Los reflejos que enturbian se minimizan controlando la cantidad y dirección general de la luz con respecto a las ubicaciones y orientaciones de las tareas. Alternativamente, las tareas sensibles a los reflejos que enturbian se pueden proteger o aislar. Las estrategias efectivas incluyen el empleo de cierta cantidad de iluminación eléctrica indirecta, suave y difusa o iluminación eléctrica directa con múltiples luminarias de bajo rendimiento, o la ubicación de las tareas y las luminarias y los patrones de luminancia para evitar reflejos fuertes de las tareas. Donde es probable que el clero o los celebrantes lean texto, como parte de una acción participativa o sermones desde un altar, ambón, atril, púlpito o minbar, la iluminación de acento en estas áreas focales es suficiente para causar reflejos veladores. El uso de múltiples luces ubicadas fuera del eje de la dirección principal de la vista del lector ayudará a minimizar los reflejos veladores.

En situaciones en las que los documentos y objetos sagrados o históricos están detrás de un vidrio, los reflejos veladores se minimizan analizando cuidadosamente la geometría de la luminaria al plano de vidrio y al espectador. La colocación de equipos de iluminación fuera de las orientaciones de visualización típicas puede ayudar, al igual que el uso de vidrio antirreflejo para la vitrina. El uso de iluminación dentro de la vitrina generalmente es superior, aunque los LED o la fibra óptica son mejores para evitar el calentamiento excesivo de la vitrina y limitar los rayos UV e IR.

37.3.7 DEFINICIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA

Además de establecer planos de orientación de tareas, se deben determinar las áreas de cobertura a las que se aplican los objetivos. Aquí se identifican áreas típicas de cobertura de iluminancia de tareas, pero pueden no ser apropiadas para situaciones de proyectos específicos. Un área de cobertura es “tarea propiamente dicha o área de tareas”. Aquí, los criterios de iluminancia se aplican a la tarea en sí o a un área relativamente pequeña a la que se limita la tarea. Consulte 12.5.5.1 Aplicaciones y Tareas y Figura 12.22 | Ejemplo de Cobertura de Tareas. Es importante recordar que la iluminancia es aditiva, es decir, la iluminancia de la tarea se puede lograr con alguna combinación de iluminación ambiental, iluminación de tareas y/o iluminación de acento, siempre que la iluminancia total en la tarea propiamente dicha o el área de tareas cumpla con los criterios de iluminancia descritos en la Tabla 37.2.

Otra área de cobertura es “sala o área designada”. En esta situación, los criterios de iluminancia se aplican a la sala o a un área de tamaño considerable que representa la zona en la que se espera que se realicen las aplicaciones y tareas. El área designada generalmente se establece mediante la disposición del mobiliario.

En los entornos de culto, las áreas de cobertura para algunos elementos focales, como el ambón, el altar y la silla, pueden configurarse colectivamente en una plataforma o en un área ampliamente definida, como un presbiterio. Para iluminar las acciones de los celebrantes en esta área, la iluminancia puede aplicarse a toda el área definida. Esto es especialmente importante para la grabación de video donde las cámaras enfocadas y haciendo tomas panorámicas con los movimientos de los celebrantes no pueden tolerar rangos de contraste que se lograrían con el aspecto más dramático de elementos focales individuales claramente iluminados.

Se debe realizar una evaluación y determinación sobre qué área de cobertura satisface mejor los objetivos de iluminación en un proyecto en particular.





FIGURA 37.9 | ILUMINACIÓN NATURAL CONVENCIONAL

En los casos en que la ubicación, la orientación y la configuración arquitectónica ofrecen enfoques de iluminación natural convencionales, la T_{vis} de los vidrios y las sombras deben combinarse para proporcionar las condiciones adecuadas. Aquí, el cielo del oeste en la misa de la tarde después del mediodía sería problemático sin un vidrio del 18% y sombras adicionales disponibles con T_{vis} del 5% para una T_{vis} agregada de aproximadamente el 1%. La imagen superior no tiene cortinas desplegadas. Las superficies adyacentes y opuestas a las aberturas de luz natural están iluminadas para equilibrar las luminancias y limitar los contrastes fuertes. Las áreas focales están iluminadas eléctricamente para superar la silueta de los celebrantes y los elementos focales. Se podrían utilizar ajustes litúrgicos preestablecidos para automatizar y combinar el control de la luz eléctrica y las sombras para varias funciones litúrgicas. Sin embargo, en esta situación se determinó que el control automático de las sombras interrumpiría los servicios en varias épocas del año y condiciones del cielo.

» Imágenes ©2005 Gene Meadows

37.4 DISEÑO

La información proporcionada aquí es específica para las instalaciones de culto y debe utilizarse como parte de los procesos de diseño y documentación descritos en los Capítulos 12, 15 y 20. Consulte 25 | ILUMINACIÓN PARA EMERGENCIAS, SEGURIDAD Y PROTECCIÓN para obtener información adicional sobre los aspectos respectivos.

Como se indica en 37.2 Tipos de Aplicación, las instalaciones de culto son diferentes a la mayoría de los otros tipos de aplicación. El diseño debe adaptarse a las necesidades y deseos muy específicos de un cliente o equipo de clientes. La programación debe incluir rituales y procedimientos de culto para que la iluminación sea exitosa. Es imprescindible tener en cuenta las preferencias del cliente en cuanto a color, niveles de luz, brillo, tecnologías manuales y automatizadas, y estilo y diseño. También es necesario comprender las prioridades del cliente, como los costos iniciales y operativos, el tiempo de entrega, la comodidad, la sostenibilidad y el ciclo de vida del proyecto. Los detalles sobre el culto varían desde las necesidades de entretenimiento hasta cuánto tiempo y en qué momentos se dedica al culto. Algunas congregaciones expresan sus creencias a través de la música y las representaciones. Para la iluminación de eventos de entretenimiento relativamente sencillos, consulte las citas de AUDITORÍA/Espectáculos en la Tabla 24.2 | Recomendaciones de Iluminación para Instalaciones Educativas. Para situaciones de escenarios profesionales, la iluminación del escenario debe ser diseñada por diseñadores de iluminación para teatros. Consulte IES DG-20 | Iluminación Escénica: Una Guía para la

Planificación de Teatros y Auditorios para obtener orientación sobre la infraestructura arquitectónica y eléctrica. La iluminación sólo se puede adaptar adecuadamente a las necesidades de una congregación si se sabe que existe un alto grado de familiaridad con la ceremonia. De manera similar a los pasos de programación en otros tipos de aplicaciones, se recomiendan visitas y revisiones de situaciones existentes, incluida la observación de al menos un servicio de adoración, si el diseñador no está familiarizado con la liturgia. Es imprescindible abordar todos los requisitos del código. Las prácticas energéticamente eficientes y sostenibles son una parte integral de todas las recomendaciones de IES. Los principios clave del diseño incluyen, entre otros:

• diseñar para la satisfacción de los observadores que se pretende que utilicen el proyecto

• utilizar reflectancias de referencia de 90-60-20 (valores porcentuales de reflectancia de la luz [LRV] de techos, paredes y pisos respectivamente) en espacios interiores de producción y orientados al trabajo

• utilizar iluminación natural que cumpla con los criterios de luminancia e iluminancia

• utilizar lámparas de máxima eficacia que cumplan con los criterios de color, control óptico y eléctrico y salida

• utilizar luminarias de máxima eficiencia que cumplan con los criterios estéticos y de luminancia

• utilizar acentos para proporcionar equilibrio de luminancia o mejorar las percepciones de brillo cuando sea necesario

• utilizar controles de forma liberal, preferiblemente variedades automatizadas como ajustes preestablecidos, sensores de ocupación y vacancia, relojes astronómicos y fotocélulas

• establecer criterios de iluminancia recomendados por IES para cumplir con las tareas programadas

• establecer diseños que cumplan exactamente con los criterios de iluminancia recomendados por IES

• abordar las necesidades ambientales exteriores

• utilizar cálculos, fotométricamente realistas representaciones, muestras operativas y maquetas para probar conceptos

• identificar y diseñar según los requisitos específicos del código, si los hubiera, para iluminación ambiental, de tareas y de acento

• documentar todo el cumplimiento de los criterios de código, energía, sustentabilidad e IES

• documentar los criterios y las desviaciones de diseño y la justificación y la disposición posterior por parte del equipo, el cliente o la autoridad competente

• documentar claramente los diseños, los controles y las selecciones de luminarias y lámparas

El diseño para la satisfacción de los observadores es el principio de diseño primordial y debe mantenerse en perspectiva durante todos los aspectos del diseño. Si las expectativas de los observadores no se cumplen, entonces no importa cuánta energía se podría ahorrar, ni cuántos recursos de la Tierra se ahorraron, ni cuánto costó todo el asunto o cuánto valor de ingeniería se ahorró, ni las cualidades fotogénicas del proyecto. Consulte las referencias de la barra lateral para obtener orientación adicional sobre los principios clave. El esfuerzo de diseño debe llevarse a cabo con expectativas coordinadas y realistas de todos los involucrados sobre los costos iniciales y del ciclo de vida. La elaboración del presupuesto debe incluir la participación del diseñador y el diálogo con el equipo y el cliente al comienzo del proyecto y en los hitos del diseño. En otras palabras, y parafraseando a Thomas Edison, el genio es, de hecho, sólo un 1% de inspiración y un 99% de transpiración.

RECURSOS ECONÓMICOS DE IESH/10e

> 15.3.3 Presupuestos

• para obtener más información sobre presupuestos e ingeniería de valor

> 18 | ECONOMÍA

• para obtener más información sobre estimación de costos

• para obtener más información sobre costos del ciclo de vida

• para obtener más información sobre amortizaciones y tasas de retorno

RECURSOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE IESH/10e

> 17.2 Nueva construcción

• para obtener más información sobre el diseño para la iluminación natural

• para obtener más información sobre los equipos de iluminación eléctrica

• para obtener más información sobre los controles de iluminación

> 17.4 Códigos, reglamentos y normas de iluminación

• para obtener más información sobre los estándares de aplicación

• para obtener más información sobre las normas de los equipos

RECURSOS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE IESH/10e

> 12.5.5.6 Iluminancias exteriores nocturnas

• para obtener más información sobre la eficacia de las lámparas en la adaptación mesópica

> 26 | ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES

• para obtener más información sobre los criterios

Recursos de sostenibilidad de IESH/1 Oe

> 13.11 Sostenibilidad

• para obtener más información sobre lámparas

> 19 | SOSTENIBILIDAD

• para obtener más información sobre controles

• para obtener más información sobre recursos de la tierra

• para obtener más información sobre energía

• *para obtener más información sobre análisis del ciclo de vida*

• *para obtener más información sobre diseño de iluminación*

• *para obtener más información sobre reciclaje*

37.5 REFERENCIAS

[1] [DOE] US Department of Energy, Energy Information Administration. 2003. Table E5A. In: Electricity Consumption (kWh) by End Use for All Buildings [Internet]. DOE. [cited December 2008]. Available from: http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/detailed_tables_2003/detailed_tables_2003.html#enduse03.

[2] Mark S. Rea, ed. 2000. The IESNA lighting handbook: Reference and application. 9th edition. New York: IESNA. Ch 14.



Nota del traductor: Como se trata de una transcripción del documento original en inglés el número de página que se indica en el índice puede no ser coincidente con el número de página de este PDF.

Agrego además que el índice será en Español y en Inglés, esto para que el lector pueda encontrar más fácilmente el tema que busca.

Esta transcripción se encuentra en el mismo orden de capítulos que en el texto original.

Espero que sea de utilidad para todos los aficionados o profesionales de la lengua hispana.

La nota de más abajo corresponde al texto original.

ÍNDICE

Este índice cumple la función habitual para un usuario que tiene en mente una palabra en particular o un tema específico y necesita señalar una página en particular. Todas las referencias se dan como capítulo y número de página. El material presentado aquí también funciona como un sinóptico: brinda una visión general, resumen o sinopsis de las partes principales de un tema. Una palabra o frase para un tema general va seguida de un esquema de sus aspectos más importantes tratados en este manual. Se utilizan sangrías para agrupar material relacionado y para indicar el nivel de detalle de la entrada. Estos breves esquemas se pueden usar como listas de verificación de las tareas de diseño.



©iStockPhoto

ÍNDICE

Este índice cumple la función habitual para un usuario que tiene en mente una palabra en particular o un tema específico y necesita que se le dirija a una página en particular. Todas las referencias se dan como capítulo y número de página. El material presentado aquí también funciona como un sinóptico: brinda una visión general, un resumen o una sinopsis de las partes principales de un tema.

A continuación de una palabra o frase que se refiere a un tema general se incluye un resumen de los aspectos más importantes que se tratan en este manual. Se utiliza sangría para agrupar material relacionado y para indicar el nivel de detalle de la entrada. Estos breves resúmenes se pueden utilizar como listas de verificación de las tareas de diseño.



©iStockPhoto

INDEX

This index serves the usual function for a user who has a particular word or narrow topic in minde and needs pointing to a particular page. All references are given as chapter and page number. The material presented here also functions as a synopticon: giving a general view, summary, or snyopsis of the principal parts of a subject. A word or phrase for a general topic is followed by an outline of its most important aspects covered in this handbook. Indenting is used to group related material and to indicate the level of detail of the entry. These short outlines can be used as checklists of the design tasks.

Top cover photograph ©Kevin Beswick, People Places and Things Photographics www.ppt-photographics.com and bottom cover photograph ©Philip Beaurline www.beaurline.com

Visit www.ies.org

ISBN 978-0-87995-241-9

